

# Influência da incorporação de agregado reciclado na substituição parcial do agregado graúdo no concreto: ensaio de resistência a compressão

**Daniella Amorim Gomes**

*Faculdade Estácio de Sá Vitória – Brasil*

[danielladeamrim@gmail.com](mailto:danielladeamrim@gmail.com)

**Pâmella Silva Sartório**

*Faculdade Estácio de Sá Vitória – Brasil*

[pamellasartorio@gmail.com](mailto:pamellasartorio@gmail.com)

**Adriana Fiorotti Campos**

*Universidade Federal do Espírito Santo – Brasil*

[afiorotti@bol.com.br](mailto:afiorotti@bol.com.br)

**Juçara de Jesus Monteiro de Galiza**

*Universidade Federal do Espírito Santo – Brasil*

[jucaragaliza@gmail.com](mailto:jucaragaliza@gmail.com)

## ABSTRACT

*This article presents the analysis of the insertion of the recycled aggregate, from the beneficiation plant, in concrete mass with a previously delineated trait, in counterpoint to the same concrete trait containing natural aggregate. The results show that the substitution of the recycled aggregate in relation to the natural aggregate presents itself as an alternative, considering the parameters of resistance to compression, and can be used in structural concrete and for the manufacture of prefabricated elements.*

**Keywords:** *Construction and demolition waste; Recycled concrete; Construction.*

## 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, especialmente por ser um indicador de crescimento socioeconômico, no entanto, também é caracterizado como uma atividade geradora de impactos ambientais negativos (IPEA, 2012). Estes impactos surgem durante todo o processo de edificação, desde o início das atividades de construção por meio do elevado consumo de recursos naturais, como durante pelo desperdício de material, seguindo assim até o final do processo, com a geração de resíduos. Um exemplo disto é que, anualmente, são recolhidos aproximadamente 33 milhões de toneladas de resíduos da construção civil no Brasil, material suficiente para construir milhares de casas populares. Todavia, boa parte desse material ainda é mal aproveitado, principalmente em habitações sociais (GOMES; CAMPOS, 2015).

Soma-se a este pano de fundo a ausência de planejamento na gestão dos resíduos gerados neste setor, agravando ainda mais a situação. Com o objetivo de colaborar para a melhoria deste quadro, em 2002, a Resolução Conama nº 307/2002, alterada pelas Resoluções Conama nº 348/2004, nº 431/2011 e nº 469/2015, determinou como responsável pelo gerenciamento desses resíduos o próprio gerador. Esta deliberação principiou um progresso legal e técnico no setor, além de estabelecer responsabilidades importantes aos geradores (IPEA, 2012). Porém, somente a partir da aprovação da Política Nacional de

Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei nº 12.305/2010, juntamente com o seu Decreto regulamentador nº 7.404/2010, foi possível suprir a ausência de políticas mais efetivas na promoção e gerenciamento no setor de resíduos no Brasil, garantindo responsabilidades entre todos os envolvidos na cadeia produtiva. Deste modo, devido à disposição desta lei, a responsabilidade pelos resíduos sólidos foi dividida entre Governo Federal, Estados e Distrito Federal, Municípios, como também cidadãos, por meio da gestão integrada e gerenciamento ambientalmente adequado desses resíduos.

Assim, o objetivo deste estudo é realizar uma análise a partir da incorporação de agregado reciclado beneficiado, na substituição parcial do agregado graúdo no concreto, considerando suas possíveis aplicações, de acordo com critérios pertinentes à resistência à compressão.

## 2. RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

### 2.1 Aspectos Legais dos Resíduos da Construção Civil

Por definição da ABNT, a NBR 10004: 2004 (Associação Brasileira de Normas Técnicas) abrange os resíduos nos estados sólidos e semissólidos que resultam da atividade da comunidade que pode ser de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição (ABNT, 2004). Apesar de não estarem citados de forma tão explícita, os resíduos originários das atividades da indústria da construção civil estão inclusos nas atividades industriais ou mesmo nas atividades de serviços (SINDUSCON, 2011). Já o Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), define de forma clara os resíduos da construção civil no inciso I do art. 2º da Resolução Conama nº 307/2002.

[...] os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA, 2002).

Cabe ressaltar que, como já foi citado anteriormente, tal Resolução foi alterada pelas Resoluções nº 348/2004, nº 431/2011 e nº 469/2015, reforçando a responsabilidade do gerador. Ela possibilitou, desta forma, um progresso legal e técnico ao segregar os resíduos em diferentes classes (A, B, C, D) e conduzi-los à sua reciclagem e disposição final adequada. Assim, em seu art. 3º, propõe-se a seguinte classificação dos RCC (Resíduos da Construção Civil):

**Quadro 1.** Síntese classificação resíduos.

<b>I – CLASSE A</b> Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados	<b>II – CLASSE B</b>	<b>III – CLASSE C</b>	<b>IV – CLASSE D</b>
<b>A)</b> De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações tecnicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Redação dada pela Resolução nº 431/11).	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham
<b>B)</b> De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas,			

placas de revestimento, etc.), argamassa e concreto;			amianto ou outros produtos nocivos à saúde; (Redação dada pela Resolução nº 348/04).
C) De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios, etc.) produzidas nos canteiros de obras;			

**Fonte:** Elaboração Própria

Por sua vez, a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em seu art. 13, inciso I, alínea h, denomina os resíduos da construção civil como sendo os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (BRASIL, 2010). Deve-se frisar que, a grande diversidade de matérias-primas e técnicas de construção influenciam diretamente nas características dos resíduos gerados, especialmente quanto à composição e quantidade. Os demais aspectos, como o desenvolvimento econômico e tecnológico da região, as técnicas de demolição implementadas, bem como a estação do ano também podem interferir indiretamente na composição dos resíduos da construção civil.

Em geral, podem existir componentes inorgânicos e minerais, como exemplo os concretos, argamassas e cerâmicas, e componentes orgânicos, plásticos, materiais betuminosos, etc. A variação da composição (em massa) é estimada, em geral, em termos de seus materiais (ANGULO; JOHN, apud SINDUSCON, 2011). Além disso, de forma geral, os RCC são percebidos como resíduos de baixa periculosidade, pois seus principais impactos estão relacionados ao grande volume gerado. Porém, nestes resíduos também podem ser encontrados materiais orgânicos, produtos perigosos e diversos tipos de embalagens que podem acumular água e ampliar a proliferação de insetos e de outros vetores de doenças (KARPINSK et al., apud IPEA, 2012).

## 2.2 Utilização de Resíduo de Construção e Demolição

Os resíduos de construção e demolição podem ser originados de diversas formas, entretanto a principal dela é referente as perdas na construção civil, em canteiros de obra através de novas obras ou até mesmo provenientes de manutenções. São constituídos basicamente por concretos, materiais cerâmicos e tijolo, contudo a proporção desses materiais em diferentes amostras é de grande variabilidade e heterogeneidade, sendo este um dos motivos pelos quais a utilização de agregado reciclado ainda é pequena (SILVA; MACIEL, 2009). De acordo com Leite (2001) a composição do resíduo de construção e demolição tem a influência direta da análise do comportamento do agregado inserido no concreto, devido ao fato da quantidade de material que pode ser encontrado, dentre eles o gesso, vidros, materiais betuminosos, matéria orgânica, metais, plásticos, papéis, que por sua vez são considerados como impurezas na reciclagem.

Outros aspectos podem contribuir para a heterogeneidade do resíduo de construção e demolição, como o nível de desenvolvimento técnico da indústria local e disponibilidade de materiais, qualidade da mão de obra disponível, técnica de construção e demolição empregada, programas de qualidade e redução das perdas nos processos, além dos próprios processos de reciclagem e reutilização consolidados no canteiro de obra (LOVATO, 2007).

O emprego de agregados na produção de componentes como blocos de pavimentação, blocos de alvenaria, concreto dentre outros, são considerados pequenos, em face a quantidade de resíduos

provenientes das construções.

A fim de diminuir a variabilidade do resíduo reciclado, é importante a implantação de uma usina de reciclagem que beneficie o material. Angulo e outros (2003) afirmam que, de maneira simplificada, a reciclagem é um beneficiamento mineral, que objetiva a formação de operações unitárias a fim de se obter características específicas de um material. Nas operações de redução de tamanho, podem ser realizadas britagem ou moagem dependendo da granulometria do material, que é separado segundo seu tamanho, através de peneiras ou classificadores pneumáticos ou hidráulicos. Após segregado o material britado pode ser inserido em diversos tipos de concreto, denominados de concreto reciclado. O concreto reciclado por sua vez, normalmente apresentam características diferentes dos concretos com agregados convencionais, o grau de diferença por sua vez depende da qualidade do agregado.

Segundo Lovato (2007) verificam-se variações ligadas a relação água/cimento, ao consumo de aglomerantes, à variabilidade na composição e a outras características físico-químicas dos materiais agregados. É possível se obter concretos adequados a diversos serviços de construção, entretanto é necessário cuidado com a produção do agregado, durante a escolha do resíduo, classificação, eliminação dos contaminantes, entre outros (LIMA, 1999). A influência dos agregados reciclados em concretos pode ser avaliada em propriedades dos concretos no estado fresco e endurecido, sendo sua aplicação definida através do desempenho de ambas as partes.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos adotados para tal pesquisa, foram selecionados a fim de cumprir o objetivo final, para tanto foram divididos em três principais etapas, revisão bibliográfica e análise documental; coleta dos resíduos em usina de reciclagem; e experimentos em laboratório.

Inicialmente houve a necessidade de realizar uma revisão bibliográfica, a fim de embasar os conceitos e critérios de utilização dos agregados reciclados, além de autores que realizaram análises semelhantes. Como também, análise documental das principais legislações, que regulamentam a coleta, transporte, armazenamento e a destinação final dos RCD, a Resolução CONAMA nº 307 e a Lei nº 12.305, Normas Técnicas que direcionam os procedimentos técnicos e ferramentas, como a NBR 12655; NBR 5738; NBR 5739; NBR 7211; NBR NM 67 e NBR 6118.

Na segunda etapa, foi realizada a coleta do material utilizado para o ensaio, em uma usina de beneficiamento de resíduo de construção civil, coletado na região metropolitana de Vitória – ES. A usina em questão produz agregados reciclados como areia, brita de diversas granulometrias, bica corrida, pedrisco e rachão. As amostras recolhidas, foram previamente segregadas e britadas segundo a NBR 7211.

A terceira etapa é caracterizada pelo experimento em laboratório, onde foram selecionados os materiais e ferramentas adequadas à realização do ensaio, bem como a dosagem do material (traço), fabricação, adensamento e cura. Quanto ao procedimento inicialmente, seguindo a NBR NM 67 foi realizado o *Slumptest*, que visa medir a consistência do concreto, a fim de identificar o grau de trabalhabilidade, ou seja, o quanto o concreto é moldável em seu estado plástico, sendo este requisito fundamental para obtenção de um produto final de qualidade. Os procedimentos de moldagem e cura dos corpos de prova foram realizados seguindo a NBR 5738. Posteriormente à moldagem e o processo de cura, é necessário realizar o controle tecnológico deste concreto, para tanto os corpos de prova passaram por ensaio de compressão de acordo a NBR 5739, a fim de diagnosticar a resistência mecânica à compressão, sendo esta principal propriedade em seu estado endurecido.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização deste ensaio, foram dosadas duas massas de concreto, objetivando a comparação dos resultados, considerando variáveis como: origem do resíduo (material britado, usinado e proveniente de obras de construção civil da região metropolitana de Vitória) e percentual de substituição dos agregados graúdos em 50%. Os resultados serão obtidos através do ensaio de compressão, em diferentes idades. Foram moldados 20 corpos de prova, divididos em 2 grupos, conforme ilustra o **Quadro 2**:

**Quadro 2.** Descrição das Amostras.

Amostras	Quantidade de Corpos-De-Prova	Agregado Graúdo Natural (Brita 1) (%)	Agregado Graúdo Reciclado (%)	Tipo de Agregado Graúdo Reciclado
I	10	50	50	Brita 1
II	10	100	-	-

Fonte: Elaboração própria (2018).

No processo de composição do resíduo, foram excluídas impurezas e materiais que pudessem comprometer a qualidade do concreto, tais como madeira, metal, gesso, plástico e papel. Além de eliminar possíveis quantidades de matéria orgânica e solos argilosos presentes nas amostras coletadas, a análise da composição foram considerados os seguintes materiais constituintes: concreto (cimento, brita e areia); argamassa (cimento e/ou cal e areia); cerâmica vermelha (revestimentos cerâmicos de piso e parede).

#### 4.1 Dosagem do concreto e procedimentos

Na dosagem do concreto de ambas as amostras foram utilizados no total de 23,65 quilos de agregado miúdo, 32,30 quilos de agregado graúdo (brita 1, a depender da composição da amostra), 10 quilos de cimento CP V, em um fator A/C (água/cimento) de 0,64. Adicionou-se 0,0045 quilos do aditivo Aditibras Super Plastificante, a fim de reduzir a quantidade de água, mantendo a consistência do concreto e aumentar a resistente inicial e final, sem alterar o tempo de pega. O **Quadro 3** descreve a dosagem dos materiais da Amostra I.

**Quadro 3.** Dosagem de concreto da Amostra I.

Material	Especificação	Traço	Peso (Kg)
Cimento	CP V	1	10
Areia	Quartzosa	2,15	23,65
Agregado Graúdo Natural (Brita 1)	Rocha	1,615	16,15
Agregado Graúdo Reciclado (Brita 1)	RCD	1,615	16,15
Aditivo	Aditibras Superplastificante	-	0,0045
Água	Água	0,64	5,74

Fonte: Elaboração própria (2018).

O **Quadro 4** descreve a dosagem dos materiais da Amostra II:



**Quadro 4.** Dosagem de concreto da Amostra II.

Material	Especificação	Traço	Peso (Kg)
Cimento	CP V	1	10
Areia	Quartzosa	2,15	23,65
Agregado Graúdo Natural (Brita1)	Rocha	3,23	32,3
Aditivo	Aditibras Superplastificante	-	0,0045
Água	-	0,64	5,74

**Fonte:** Elaboração própria (2018).

Para a produção do concreto na betoneira, seguiu-se uma sequência de adição específica, conforme orientado pela norma NBR 12655. Inicialmente deposita-se 1/3 da água dosada e em seguida o agregado graúdo, este processo é realizado a fim de retirar as impurezas sedimentadas ou fixadas nas paredes da betoneira. Após, adicionou-se o cimento, areia e aos poucos, o restante da água. Para finalizar, acrescentou-se o aditivo.

#### 4.2 Teste de Abatimento – *SLUMP TEST*

O ensaio do abatimento do concreto (Slump Test) é realizado a fim de verificar a trabalhabilidade do concreto em seu estado plástico, buscando medir sua consistência e avaliar se está adequado para o uso a que se destina (ESO; MAIO 2012). Após finalizada a mistura dos materiais, foram realizados ensaios de abatimento de cone (*Slump Test*), conforme orientado pela Norma NBR NM 67.

Para cada experimento observou-se um abatimento distinto, conforme demonstrado no **Quadro 5:**

**Quadro 5.** *Slump Test*.

Amostra	Porcentagem (%)	Agregado Graúdo	Slump Test (Cm)
I	50	Reciclado (Brita 1)	27
II	100	Natural (Brita 1)	16

**Fonte:** Elaboração própria (2018).

Segundo Guerra (2016), o concreto com abatimento mínimo de 10 centímetros e máximo de 15 centímetros, possui consistência fluída e pode-se destinar a construção de lajes, vigas, muros e colunas de edifícios, entre outros.

#### 4.3 Moldagem do Corpo de Prova e Ensaio de Resistência à Compressão

Conforme previamente citado para cada experimento, foram moldados 10 corpos de prova, de modo que para a moldagem seguiu-se uma sequência específica, conforme orientado pela NBR5738. Os corpos de prova utilizados nos ensaios foram produzidos a partir de moldes cilíndricos de altura igual ao dobro do diâmetro, neste caso, de 10 x 20 centímetros.

Aplicou-se uma fina camada de óleo mineral nas faces internas dos moldes, verificando o fechamento e vedação. O adensamento foi realizado em duas camadas distribuídas uniformemente, com

o auxílio da haste de adensamento aplicou-se 12 golpes distribuídos por toda a camada. Para retirar as bolhas de ar que eventualmente podem ficar alojadas, utilizou-se um martelo de borracha e em seguida rasou-se com a colher de pedreiro a última camada. Os corpos de prova foram depositados sobre superfície plana por 24 horas. Após este processo, os corpos de prova foram desmoldados, identificados e armazenados em um tanque onde ficaram imersos em água por 7, 14, 21 e 28 dias.

#### 4.4 Ensaio de Resistência à Compressão

A cura do concreto é um conjunto de procedimentos que objetiva impedir que a água utilizada o emassamento seja perdida por meio da evaporação. Portanto os cuidados com o concreto nesta fase são decisivos, considerando que podem interferir na resistência da estrutura.

Os corpos de prova moldados devem receber os mesmos cuidados que uma estrutura concreta. Para esta análise foram realizados os ensaios de resistência a compressão, a fim de investigar a resistência de cada amostra.

Os corpos de prova foram nomeados de acordo com o número da amostra que representa e a ordem com que foi realizado o teste, os resultados da Resistência Característica do Concreto à Compressão (Fck) são apresentados em Mega Pascal (Mpa), conforme os quadros a seguir.

O **Quadro 6** descreve os valores do Fck em MPa encontrados nos ensaios de resistência à compressão da Amostra I, porém os corpos de prova CI.7, CI.9 e CI.10 não foram contabilizados devido ao fato de parte do concreto ter quebrado, impossibilitando de atingir as expectativas desejadas, considerando que poderia ocorrer alterações no ensaio, portanto não houveram testes nestes corpos de prova.

**Quadro 6.** Ensaio de Resistência à Compressão da Amostra I

Nº DIAS	AMOSTRA I	RESISTÊNCIA (FCK) Mpa	MÉDIA Mpa
7 Dias	CI.1	18,9	18,7
	CI.2	18,6	
14 Dias	CI.3	21,9	23,5
	CI.4	25,1	
21 Dias	CI.5	27,2	25,6
	CI.6	24,1	
	CI.7	Não contabilizado	
28 Dias	CI.8	21,8	21,8
	CI.9	Não contabilizado	
	CI.10	Não contabilizado	

Fonte: Elaboração Própria (2018).

O **Quadro 7** reproduz os valores de fck da Amostra II, porém os corpos de prova CII.2, CII.4, CII.6, CII.7, CII.9 e CII.10 não foram contabilizados devido ao fato de parte do concreto ter quebrado, impossibilitando de atingir as expectativas desejadas, podendo ocorrer alterações no ensaio. Com isso, os rompimentos destes corpos de prova foram impedidos.

**Quadro 7.** Ensaio de Resistência à Compressão da Amostra II

Nº DIAS	AMOSTRA II	RESISTÊNCIA (FCK) Mpa	MÉDIA Mpa
7 Dias	CII.1	28,5	28,5
	CII.2	Não contabilizado	
14 Dias	CII.3	21,8	21,8
	CII.4	Não contabilizado	
21 Dias	CII.5	21	21
	CII.6	Não contabilizado	
	CII.7	Não contabilizado	
28 Dias	CII.8	21,2	21,2
	CII.9	Não contabilizado	
	CII.10	Não contabilizado	

Fonte: Elaboração Própria (2018).

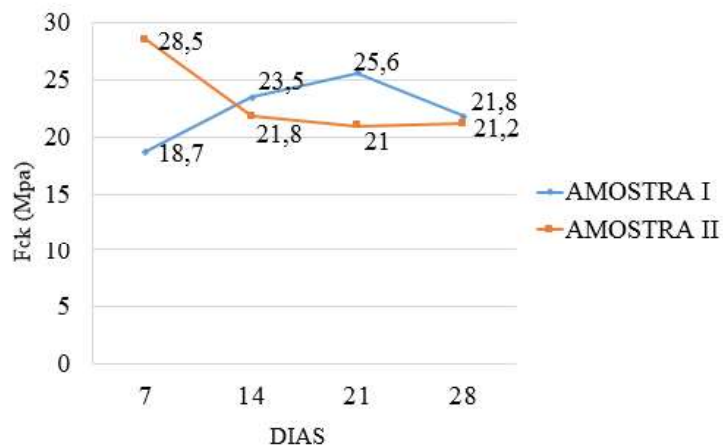
Comparando os resultados das amostras nos dias em que foram rompidas, nas primeiras amostras, rompidas aos 7 dias, percebe-se uma maior resistência inicial da Amostra II, entretanto após os 14, 21 e 28 dias a Amostra II mantém-se com uma resistência à compressão de valor constante, diferentemente da Amostra I, que ao passar dos dias sua resistência aumenta.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais problemas da construção civil atualmente estão nos materiais empregados e os resíduos gerados por eles. Os resíduos de construção são gerados por demolições, reformas, e até mesmo obras de edificações novas, em razão dos desperdícios de materiais resultante do gerenciamento da construção ineficiente ou inexistente. De modo que, os processos de escolha do material, construção e manutenção, geram impactos significativos, caso não sejam convenientemente escolhidos e gerenciados.

Este estudo objetivou analisar o emprego do resíduo de construção e demolição beneficiado em uma massa de concreto, a fim de considerar sua utilização em construções, verificadas através do ensaio de resistência à compressão. O Gráfico 1 compara os resultados das amostras, considerando sua média apresentada nos ensaios de resistência à compressão, em função dos dias.

**Gráfico 1.** Comparação do ensaio de resistência à compressão das amostras.



Fonte: Elaboração Própria (2018).



Conforme a NBR 6118, para que o concreto possa ter função estrutural, é preciso que se atinja a resistência de no mínimo 20 Mpa, com base nos resultados obtidos, verificou-se que o concreto reciclado pode ser utilizado para se produzir elementos de função estrutural, desde que observada suas particularidades, como por exemplo, sua menor resistência nas idades iniciais, pode ser um fator limitante. A utilização de concreto de 18 MPa de resistência é admitida para fundações e obras provisórias, ao considerar a amostra que contém o agregado reciclado, também poderá ser utilizada para estes fins.

A NBR 15691 que dentre outras considerações, aborda as características dos blocos de concreto, delinea que a resistência à compressão para blocos estruturais, recomendadas para obras acima ou abaixo do solo, deve-se apresentar resistência mínima de 6 MPa, já os blocos de vedação devem possuir resistência entre 2 MPa e 3 MPa.

Portanto, os RCD podem ser incorporadas em massas de concreto, desde que sejam respeitados os parâmetros especificados nas Normas Técnicas. Este artigo analisou os parâmetros relacionado a resistência à compressão do concreto considerando o agregado reciclado beneficiado em usina própria, entretanto, para a sua efetiva inserção em uma estrutura de concreto, deve-se analisar também a composição destes agregados.

### REFERÊNCIAS

ABNT [Associação Brasileira de Normas Técnicas]. NBR 10004: resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_. NBR15691: Ensaios não destrutivos - Líquido penetrante - Prática padronizada. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_. NBR NM 67: NBR NM 67 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_. NBR 7211: Agregado para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_. NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ANGULO, S. C. Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos. 2005. 167 f. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2005.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Brasília, 2010a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 4 jun. 2015.

CONAMA [Conselho Nacional do Meio Ambiente]. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 10 set. 2015.



\_\_\_\_\_. Resolução nº 469, de 30 de julho de 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=714>>. Acesso em: 10 set. 2015.

GOMES, D.A.; CAMPOS, A. F. Avaliação de habitações de interesse social: com foco para os aspectos do conceito de sustentabilidade. In: EURO-ELECS, 2015, Guimarães (Portugal). Anais... Guimarães, 2015.

IPEA [Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada]. Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil. Brasília: IPEA, 2012.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2001. 270 f. Tese (Doutorado) Escola de Engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LIMA, J. A. R. Preposição de diretrizes para produção e normalização de resíduos de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos. 1999. 240 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

LOVATO, P. S. Verificação dos parâmetros de controle de agregado reciclados de resíduos de construção e demolição para utilização em concreto. 2007. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

SILVA, A. B.; MACIEL, J. C. S. Viabilidade Técnica da Utilização de Concretos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição. In: Revista IGAPÓ, 2009.

SINDUSCON [Sindicato da Indústria da Construção Civil]. Manual sobre os resíduos sólidos da construção civil. Ceará, 2011.

### **AGRADECIMENTOS**

Ao Departamento de Pesquisa e Extensão da Universidade Estaco de Sá, pelo financiamento das pesquisas.