



ANÁLISE DO DESEMPENHO MECÂNICO EM ARGAMASSAS A PARTIR DO USO DE AGREGADO RECICLADO DE CONCRETO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO NATURAL.

SILVA, Thais Marques (1); OLIVEIRA JR., Edmilson Raimundo (2); AGRA, Tiago (3); MONTEIRO, Eliana Cristina Barreto (4)

(1) UNICAP, (81)9.7915-0507, thaism21@ymail.com; (2) UNICAP, edmilsonjreng@gmail.com; (3) UNICAP, tiagoagraengenharia@gmail.com; (4) UNICAP e UPE-POLI, eliana@poli.br

RESUMO

A preocupação com o meio ambiente e a escassez de recursos naturais têm levado à busca de alternativas mais sustentáveis que minimizem o impacto ambiental por parte de todos os segmentos da sociedade. A reciclagem de resíduos sólidos tem se apresentado como uma boa alternativa para reduzir os impactos gerados pelo uso desordenado de matéria prima e pela redução das áreas de disposição, causado em virtude do grande volume de descartes de resíduos gerados ao longo do ano em todo mundo. Neste contexto se inserem os resíduos da construção civil. Os resíduos provenientes de atividades construtivas e demolições geralmente apresentam-se de forma sólida, com materiais densos e com características variáveis por conter diversos tipos de materiais. Essas características muitas vezes apresentam-se como empecilho para serem reutilizados em novos concretos. Dentre os vários resíduos da construção civil, podem ser citados os resíduos de concreto pré-moldados (resíduos cinza) como tendo um dos maiores potenciais de utilização, devido ao conhecimento de suas propriedades básicas (resistência à compressão, idade, materiais utilizados e etc.) e seu menor grau de contaminação por outros materiais, quando comparados com outros resíduos da construção. O objetivo deste trabalho é avaliar as características do desempenho mecânico de matriz cimentícias confeccionadas com resíduo cinza e a sua possível utilização em larga escala. Foram confeccionados matriz cimentícias para argamassas com a substituição de 0%, 25%, 50% e 75% do agregado miúdo natural pelo resíduo cinza e relação água/cimento de 0,48. Através do ensaio de resistência à compressão foi observado aos 28 dias que as matrizes cimentícias com substituição de 25% e 50% proporcionou um incremento de 4% na resistência comparando com a matriz cimentícias de referencia.

Palavras-chave: Resíduo cinza. Agregado reciclado. Resistência do concreto. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Concern about environmental issues such as the environment and the scarcity of natural resources have led to the search for more sustainable alternatives that minimize the environmental impact of all segments of society. Solid waste recycling has been presented as a good alternative to reduce the impact caused by the disorderly use of raw material and the reduction of disposal areas caused by the large volume of waste discards generated throughout the year around the world. In this context are included the construction waste. Wastes from construction activities and demolitions are usually solid, with dense materials and with variable characteristics because it contains several types of materials. These characteristics are often present as obstacles to reuse it in new concretes. Among the various construction residues, concrete residues (gray residues) can be cited as having one of the greatest potentials of use, due to the knowledge of its basic properties (Compressive strength, age, Materials used end etc.) and its lower degree of contamination to others materials, when compared to other building wastes. The objective of this research is to evaluate the mechanical performance characteristics of cement matrix made from gray residue and its possible use in large scale. cement matrix were made with the substitution of 25%, 50% and 75% of the natural aggregate (sand) by the gray residue and water / cement ratio of 0.48. Through the compressive strength test was observed at 28 days that mortars with 25% and 50% substitution provided a 4% increase in resistance compared to the reference cement matrix.

Keywords: Gray residue. Recycled aggregate. Concrete strength. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

O grande aquecimento no setor da construção civil no Brasil tornou-se um incentivo para que pesquisas sejam desenvolvidas em busca de tecnologias que visem à reutilização de materiais reciclados em substituição das matérias-primas naturais, ou seja, materiais alternativos. Na mesma proporção do crescimento econômico do setor de construção civil, podemos observar também o aumento do consumo do concreto, este sendo o material de construção mais utilizado no setor.

Segundo JOHN & AGOPYAN (2000), a construção civil tem provocado impactos severos no Brasil, como o uso da ordem de 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. No caso do uso de concreto, considera-se um consumo médio de 1,9 toneladas por habitante por ano, valor inferior apenas ao consumo de água (PEDROSO, 2009). Com isto, incorporar resíduos a este material é interessante, uma vez que sua produção é feita em larga escala, tem fácil aplicação, é flexível, durável e razoavelmente resistente a agentes químicos e físicos.

Os resíduos provenientes de obras da construção civil e de demolição apresentam características que dependem do tipo de obra, das técnicas construtivas, da fase em que se encontra a construção, das características socioeconômicas da região considerada, entre outros fatores. Estes muitos fatores muitas vezes torna-se a pesquisa inviável, por se tratar de materiais com propriedades variáveis, como tipo de material, resistência, absorção de água, idade. Porém, é cada vez maior a utilização de peças pré-fabricadas de concreto, onde pode-se obter uma maior homogeneidade dos materiais como resíduos a serem incorporados em novos materiais cimentícios.

Segundo Butler (2003), dentre os vários resíduos da construção civil, podem ser citados os resíduos de concreto como tendo um dos maiores potenciais de utilização, devido ao conhecimento de suas propriedades básicas (fck, idade, etc.) e seu menor grau de contaminação por outros materiais, quando comparados com outros resíduos da construção. Em uma indústria de pré-fabricados o concreto desperdiçado é proveniente de elementos rejeitados pelo controle de qualidade, final de linhas de produção e sobras de concreto fresco ao final do processo. Em tais empreendimentos ocorre basicamente a geração de dois tipos de resíduos: rejeitos de concreto no estado fresco e rejeitos de concreto no estado endurecido, existindo inúmeros processos que podem ser aplicados na sua reciclagem (FERREIRA, 2013).

A reciclagem é uma das melhores alternativas para reduzir o impacto que o ambiente pode sofrer com o consumo de matéria prima e a geração desordenada de resíduos. Nos últimos anos a reciclagem de resíduos tem sido incentivada em todo mundo, seja por questões políticas, econômicas ou ecológicas. A reciclagem de resíduos da construção irá minimizar também problemas com o gerenciamento dos resíduos sólidos dos municípios, uma vez que a geração de resíduos juntamente com o impacto ambiental causado em determinada região não é mais um problema local.

Perante a necessidade de alternativas para a diminuição da geração de resíduos, este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento mecânico

das argamassas através do ensaio de resistência á compressão axial e a viabilidade técnica do uso de resíduos na produção de concreto.

2 MATERIAIS

As argamassas utilizadas neste trabalho foram produzidas com cimento, areia natural, resíduo cinza de material proveniente de uma fábrica de pré-moldados e água.

2.1 Cimento: CPV ARI

Para realização do procedimento experimental, utilizou-se o cimento CPV ARI. O cimento Portland de alta resistência inicial (CP V-ARI) embora contemplado pela ABNT como norma separada do cimento Portland comum, é na verdade um tipo particular deste, que tem a peculiaridade de atingir altas resistências nos primeiros dias da aplicação. As características físico-químicas do cimento mencionados nos Quadros 1 e 2 são importantes para proporcionar maior conhecimento sobre o material e analisar seu comportamento nos ensaios que serão realizados.

Quadro 1: Composição do cimento Portland de alta resistência inicial

Tipo de cimento portland	Sigla	Composição (% em massa)		Norma Brasileira
		Clinker + gesso	Material carbonático	
Alta Resistência Inicial	CP V-ARI	100-95	0-5	NBR 5733

Fonte: ABNT BT 106 (2002)

Quadro 2: Exigências Físicas e Mecânicas do CP V-ARI

Tipo de Cimento Portland	Classe	Finura		Tempo de Pega		Expansibilidade		Resistência á compressão				
		Resíduos na Peneira 75mm (%)	Área específica (m ² /kg)	Início (h)	Fim (h)	A frio (mm)	A quente (mm)	1 dia (Mpa)	3 dias (Mpa)	7 dias (Mpa)	28 dias (Mpa)	91 dias (Mpa)
CP V-ARI		≤ 6,0	≥ 300	≥ 1	≤ 10	≤ 5	≤ 5	≥ 14	≥ 24	≥ 34	-	-

ABNT BT 106 (2002)

2.2 Agregado miúdo: Areia natural

A origem desses agregados pode ser natural ou artificial. Os naturais são aqueles encontrados e extraídos da natureza, como por exemplo, areias e seixos rolados. Os agregados transformados ou fabricados são chamados de agregados artificiais, exemplo pedra britada, argila expandida, escórias siderúrgicas, resíduos de lixo e esgoto sintetizados, Resíduo da Construção e Demolição (RCD), isopor, borracha (NBR 9935:1987).

Foi utilizado agregado miúdo natural, de origem quartzosa da região de Recife-PE, isento de impurezas e umidade para a confecção dos concretos. A areia foi posta na estufa por cerca de 24h para retirada da umidade, após isto utilizamos

uma amostra de 300 g para a realização do ensaio de caracterização levando em consideração o seguinte ensaio:

- Granulometria do agregado miúdo - NBR NM 248:2003

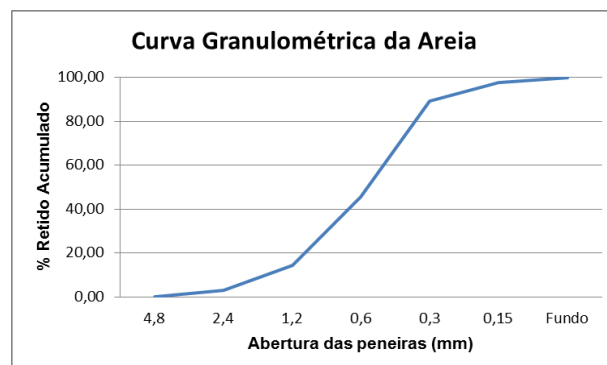
A composição granulométrica da areia utilizada no presente trabalho esta apresentada no Quadro 3 e na Figura 1 abaixo:

Quadro 3: Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo (areia natural)

Determinações	Abertura da Peneira	Porcentagem (%)		Método de ensaio
	ABNT (mm)	Retida	Acumulada	
Composição Granulométrica	9,5	0	0	NBR 7217/1987
	4,8	0	0,00	
	2,4	9,00	3,00	
	1,2	34	14,33	
	0,6	94,0	45,67	
	0,3	131,0	89,33	
	0,15	25	97,67	
Fundo	7	100,00		
DMC	2,4 mm			
Modulo de finura	2,00			
Zona Granulométrica	Zona 3 e 4 (Média-Grossa)			NBR 7211/2005

Fonte: O Autor (2017)

Figura 1: Curva Granulométrica da areia



Fonte: O Autor (2017)

2.3 Agregado Miúdo: Resíduo de concreto

O material utilizado nesta pesquisa foi coletado de uma empresa de fabricação de blocos pré-moldados de concreto na Região Metropolitana do Recife – RMR. Após a obtenção dos blocos que seriam descartados por não passar pelo controle de qualidade da empresa, o material foi levado para passar pelo processo de trituração em uma empresa que trabalha com reaproveitamento de materiais da construção civil e demolição a qual possui a máquina trituradora. O material de descarte foi disposto na maquina *Gipo Kombi* que fez o processo de trituração. A máquina dispõe de quatro esteiras que funcionam como saídas dos materiais após o processo de trituração, fornecendo assim, quatro diferentes granulometrias: Areia, Brita 19 mm, Brita 25 mm e material de aterro. Foi coletado para esta pesquisa o material, disposto pelo equipamento, na

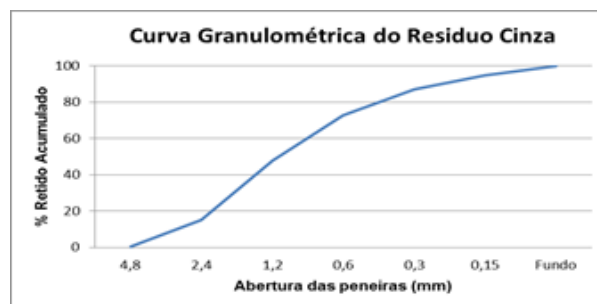
granulometria mais próxima da areia natural utilizada. O Quadro 4 e a Figura 2 dispõem informações dos ensaios de granulometria realizado com o resíduo de concreto (resíduo cinza) de acordo com a NBR 248:2003.

Quadro 4: Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo reciclado (Resíduo cinza)

Determinações	Abertura da Peneira	Porcentagem (%)		Método de ensaio
	ABNT (mm)	Retida	Acumulada	
Composição Granulométrica	9,5	0	0	NBR 7217/1987
	4,8	0,33	0,33	
	2,4	14,67	15,00	
	1,2	32,67	47,67	
	0,6	25,0	72,67	
	0,3	14,3	87,00	
	0,15	7,67	97,67	
	Fundo	5,33	100,00	
DMC	2,4 mm			NBR 7211/2005
Modulo de finura	2,00			
Zona Granulométrica	Zona 4 (Grossa)			

Fonte: O Autor (2016)

Figura 2: Curva Granulométrica do resíduo cinza



Fonte: O Autor (2017)

2.4 Água

A água destinada ao amassamento do concreto deve ser isenta de teores prejudiciais de substâncias estranhas. De acordo com a NBR 15900:2009, julgam-se satisfatórias as águas potáveis. No caso das não potáveis é necessário controlar o conteúdo de matéria orgânica, assim como os sulfatos (SO₄) e os cloretos (Cl⁻) (FUSCO, 2012). Quando em excesso, as impurezas na água de amassamento podem afetar a resistência, o tempo de pega, a eflorescência e a corrosão da armadura passiva ou protendida (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Neste trabalho utilizou-se água da rede pública da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), considerada potável, destacando-se que não foram realizados ensaios para sua caracterização.

3 MÉTODOS

3.1 Confeção das Argamassas

Segundo a NBR 13281:2005, argamassa é uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada). Para estudo e análise do comportamento mecânico de argamassas confeccionadas com resíduo cinza, foram moldados corpos-de-prova (10 cm de altura x 5 cm de diâmetro) de acordo com a NBR 7215:1996.

Os corpos-de-prova base foram elaborados com argamassa composta de uma parte de cimento, três de areia natural em massa e com relação água/cimento de 0,48. As porcentagens usadas de resíduo cinza em substituição da areia natural foram de 25%, 50% e 75%. O Quadro 5 mostra em detalhe todos os traços de argamassa elaborados para esta pesquisa.

Quadro 5: Delineamento Experimental

Traço	Resíduo cinza (%)	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	a/c
Referência	0	1	3	0,48
T25	25	1	2,75	0,48
T50	50	1	25	0,48
T75	75	1	2,25	0,48

Fonte: O autor (2017)

A argamassa foi preparada por meio de um misturador mecânico (argamassadeira) e logo após, compactada manualmente nos moldes cilíndricos, através de procedimento normalizado. Os corpos-de-prova inicialmente ficaram dispostos por 24h em ambiente úmido, como mostra a Figura 3, para cura inicial. Após este tempo foram desmoldados e submetidos à cura em água.

Figura 3: Corpos-de-prova de argamassa de cada traço executado



Fonte: O autor (2017)

3.2 Ensaio de Resistência à compressão

O desempenho de uma argamassa depende de suas características no estado plástico e no estado endurecido. As características para o estado endurecido são: resistência à compressão adequada, boa resistência de aderência ou ao

cisalhamento, boa resiliência. A resistência à compressão da argamassa afeta diretamente a resistência das componentes de alvenaria.

A contribuição da argamassa na resistência da alvenaria é limitada pela resistência dos blocos. Neste sentido algumas recomendações devem ser respeitadas para a alvenaria estrutural.

Para a realização do ensaio de resistência à compressão foram separados seis corpos-de-prova de cada traço de argamassa com resíduo cinza e mais seis corpos-de-prova padrão, sem o resíduo cinza, para verificação da resistência à tração por compressão axial aos 28 dias. A Figura 4 mostra a disposição de alguns cp's para a realização do ensaio de resistência.

Figura 4: Procedimento de ensaio de resistência à compressão simples nos cp's de argamassa.



Fonte: O autor (2017)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resistência à compressão axial

Após 28 dias em cura úmida, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão para análise do desempenho mecânico. No primeiro momento, os cp's foram retificados e em seguida levados para a execução do ensaio.

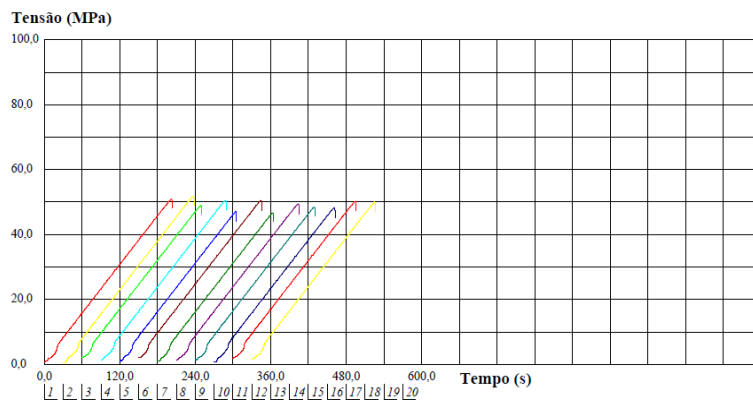
Os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 1 e nas Figuras 5 e 6 onde mostra o gráfico do ensaio realizado com os valores obtidos.

Tabela 1 – Resistência à compressão aos 28 dias

Traço	Resistência à compressão (Mpa)						Média
	CP I	CP II	CP III	CP IV	CP V	CP VI	
Referência (0%)	46,7	49,6	48,5	48,3	50,3	50	49
Substituição de 25%	50,4	54	49,6	53,9	53,9	55,8	53
Substituição de 50%	50,6	51	49,9	51,3	50,6	51,5	51
Substituição de 75%	51,1	51,9	49	50,6	47,2	50,6	50

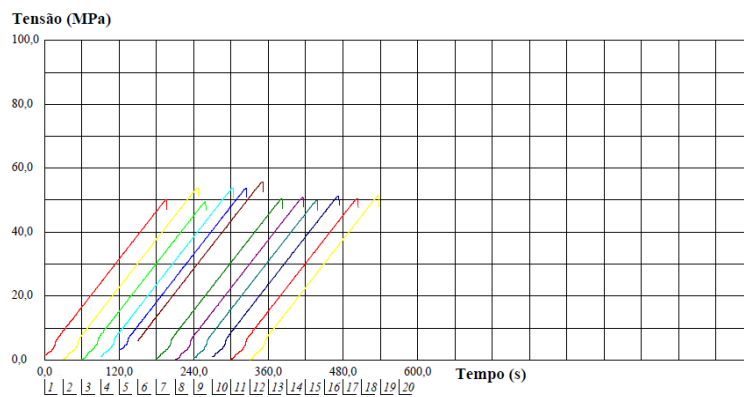
Fonte: O autor (2017)

Figura 5 – Gráfico de resistência dos CP's com 0% e 75% de substituição



Fonte: TECOMAT (2017)

Figura 6 – Gráfico de resistência dos CP's com 25% e 50% de substituição

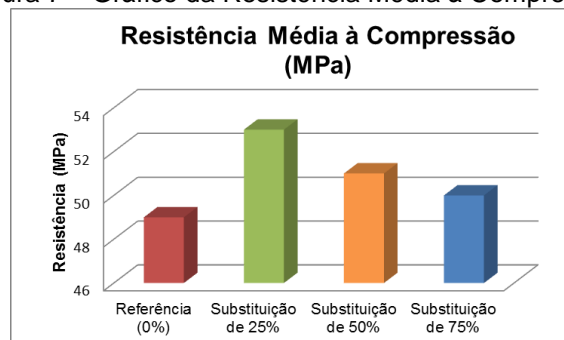


Fonte: TECOMAT (2017)

Observa-se através dos resultados que os corpos-de-prova de argamassa forneceram resultados semelhantes entre si, porém as argamassas com percentuais de substituição forneceu um ganho significativo no valor médio da resistência à compressão axial comparando-as com os cp's de referência.

Verifica-se no gráfico da Figura 7 que o traço sem resíduo cinza apresentou resistência média à compressão de 49,0 Mpa, enquanto os traços com 25%, 50% e 75% de substituição, quando comparados ao traço de 0% de substituição de resíduo cinza (referência), apresentaram um incremento de 8,16%, 4,1%, 4,1% e 2,1% respectivamente.

Figura 7 – Gráfico da Resistência Média à Compressão



Fonte: O Autor (2017)

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados e discussões realizadas, foi possível concatenar conclusões a respeito da viabilidade do uso do resíduo cinza proveniente da britagem de blocos de pré-moldados de concreto em substituição de 25%, 50% e 75% da areia natural. Diante dos resultados obtidos podemos concluir que no geral o emprego do resíduo cinza em argamassas apresentou um desempenho satisfatório para o emprego como agregado miúdo quando utilizada em substituição da areia natural.

Considerando a dosagem proposta no presente trabalho, as substituições parciais de areia por resíduo cinza, nos teores de 25%, 50% e 75% em massa, proporcionou um incremento de 8,16%, 4,1%, 4,1% e 2,1% respectivamente na resistência à compressão aos 28 dias em relação à amostra de referência.

Sendo a reciclagem uma das melhores alternativas para reduzir o impacto que o ambiente pode sofrer com o consumo de matéria prima e a geração desordenada de resíduos, podemos concluir que em virtude dos parâmetros obtidos, o resíduo cinza utilizado neste presente trabalho é viável na confecção de novos produtos em argamassa, conferindo um desempenho mecânico eficaz e colaborando com isto em uma possível redução de custos e impacto ambiental para a empresa e sociedade.

6 REFERÊNCIAS

- JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: **Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos**, 2000, São Paulo.
- PEDROSO, F.L. **Concreto & Construções: concreto**: material construtivo mais consumido no mundo. São Paulo: Ispis, v. 1, n 53, 2009. Trimestral.
- BUTTLER, A.M. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – Influencia da idade de Reciclagem das propriedades dos agregados e concretos reciclados**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- FERREIRA, H.L.A. **Estudo da substituição do agregado graúdo natural por resíduo de concreto britado**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – **Guia Básico de utilização de cimento Portland**. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935: Agregados – Terminologia**. Rio de Janeiro, 1987.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica: Método de ensaio**: Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900: Água para amassamento de concreto**. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.
- FUSCO, Péricles Brasiliense; **Tecnologia do concreto estrutural: tópicos aplicados.**, 2ª edição, Pini, 2012.
- MEHTA, P. Kumar, MONTEIRO, Paulo J. M.; **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais**, São Paulo, Pini, 2014.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Requisitos.** Rio de Janeiro, 2005

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão:** Procedimento. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregado para Concreto:** Procedimento. Rio de Janeiro, 2009.