



CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADO RECICLADO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL SEGUNDO A NBR 15116

CHARACTERIZATION OF RECYCLED AGGREGATE FROM CONSTRUCTION WASTE BY NBR 15116

DANIEL MARMOS LYRA(1); RAPHAEL GOMES ASSIS(2); GEILMA LIMA VIEIRA(3)

(1) Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo;

(2) Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo;

(3) Professora Doutora, Departamento de Engenharia Civil;

Av. Fernando Ferrari, s/n .Caixa Postal 9011, Goiabeiras

CEP:29060970, Vitória - ES, Brasil

Resumo

A atividade de reciclagem dos resíduos provenientes da construção civil vem sendo uma prática importante, tanto para o meio ambiente, quanto para a sociedade. Os agregados reciclados de resíduos de construção civil (RCC) constituem-se numa alternativa para reduzir a utilização de aterros, a ocorrência de deposições irregulares, o consumo de recursos naturais não renováveis e os impactos ambientais das atividades de mineração. Este trabalho vislumbra um melhor entendimento da caracterização dos agregados reciclados provenientes de resíduos da construção civil, com estudos de suas características físicas e químicas, entre outros parâmetros. O procedimento experimental consiste em realizar a caracterização do agregado reciclado de RCC segundo os pré-requisitos para utilização em pavimentação e em concreto sem função estrutural, especificados NBR 15116 (ABNT, 2004). Após a classificação do RCC, procedeu-se com a britagem realizada com o britador de mandíbulas do Laboratório de Ensaios em Materiais de Construção Civil - LEMAC. Por fim, realizaram-se os ensaios especificados na NBR 15116. Em sua maioria, os resultados obtidos foram favoráveis a sua utilização em pavimentação e em concreto sem função estrutural. Com algumas regularizações no agregado, como prevê a norma NBR 15116, a aplicação do agregado produzido, segundo os ensaios realizados, pode ser viável.

Palavras chave: Resíduos de Construção Civil; Caracterização; Agregado; Pavimentação.

Abstract

The activity of recycling waste from the construction has been a practice of vital importance, both for the environment and for the society. The recycled aggregates from construction and demolition waste (CDW) constitutes an alternative to reduce the use of landfills, the occurrence of irregular depositions, the consumption of nonrenewable natural resources and environmental impacts of mining activities. At the same time to obtain



Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2013
Outubro / 2013



@ 2013 - IBRACON - ISSN 2175-8182

construction materials cheaper and quality assurance. This work presents a better understanding of the characterization of recycled aggregates from construction waste, with studies of the physical and chemical, among other parameters. The experimental procedure of this work is to perform the characterization of CDW recycled aggregate according to the prerequisites for use in concrete pavement and no structural function, specified in Brazilian standard NBR 15116. After classification of the RCC, we proceeded with the crushing performed with the jaw crusher of the Laboratório de Ensaios em Materiais de Construção Civil - LEMAC. Finally gave up early the tests specified in the Brazilian standard NBR 15116. The results of the tests were mostly favorable to its use in concrete pavement and no structural function. With some adjustments in the aggregate, as provided by the Brazilian standard NBR 15116, the application of the aggregate produced, in accordance with the tests, can be viable.

Keywords: Construction Waste, Characterization, Aggregate, Pavement.



1 Introdução

No Brasil e em outros países, existem dificuldades nacionais e internacionais em se adequar à triagem do resíduo de construção civil (RCC), atender às especificações dos agregados reciclados e encontrar métodos eficientes de caracterização. A caracterização da composição dos agregados reciclados é normalmente realizada pela triagem na fonte, seguido de um processo simplificado de catação visual das partículas. Apesar de o método ser barato e simples, ele apresenta alguns problemas: (a) reprodução da técnica, (b) distinção entre partículas cimentícias de argamassas e de concretos, (c) variabilidade de propriedades físicas de determinadas espécies minerais (por exemplo partículas de cerâmica) e (d) impossibilidade de se caracterizar agregados miúdos (ANGULO, 2004; JOHN, 2004; ULSEN, 2004; KAHN, 2004).

Diante disso, este trabalho vislumbra um melhor entendimento da caracterização dos agregados reciclados provenientes de resíduos da construção civil, com a possibilidade de estudos das características físicas, químicas, mineralógicas, microscópicas, entre outros parâmetros.

O agregado reciclado possui origem heterogênea, e isso se deve ao grande número de diferentes materiais utilizados na construção civil. Logo, faz-se necessário um controle sistemático envolvendo a sua composição e variação de suas características (QUEBAUD, *et al.* 1997; ZORDAN, 1997; GALLIAS, 1998).

Vale ressaltar que quaisquer que sejam os resultados obtidos neste projeto de caracterização dos agregados, os mesmos aplicam-se somente a materiais utilizados no município de Vitória, produzidos na década de 1980. O resíduo usado na pesquisa foi obtido por meio da reforma de um prédio construído nessa época. Isso se deve a não padronização dos materiais da construção no âmbito estadual e também nacional, sendo as características dos resíduos de construção de cada região diferente na sua composição física, química e mineralógica. Por exemplo, os agregados graúdos no Espírito Santo são produzidos através de rochas de granito, enquanto que na região norte, os agregados graúdos são produzidos a partir de seixo rolado.

A reciclagem de resíduos da construção civil não é uma atividade recente. Estudos apontam que o pioneiro nesses estudos foi o arquiteto Tarcisio de Paula Pinto, cujo primeiro trabalho foi uma dissertação de mestrado na produção de argamassa, em 1986.

O desenvolvimento de várias pesquisas no Brasil, relacionadas ao tema, possibilitaram a elaboração de normas, com o objetivo de padronizar o uso de agregados reciclados da



construção civil em diferentes áreas de aplicação (NBR 15114, ABNT, 2004 e NBR 15116, ABNT, 2004).

Apesar dos inúmeros trabalhos publicados, ainda, existe uma carência de estudos relativos à caracterização desses agregados reciclados. Nesse contexto este trabalho tem como objetivo realizar estudos de caracterização completa dos resíduos produzidos na reforma de um prédio da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Vitória, Espírito Santo.

A experiência nacional e internacional mostra que quando não existe política municipal para a gestão dos RCC, uma fração significativa deles é depositada ilegalmente na malha urbana gerando altos custos socioeconômicos, assoreamento de rios, entupimento de bueiros, degradação de áreas urbanas entre outros (PINTO, 1999). O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) aprovou, em julho de 2002, a Resolução 307, que faz orientações a respeito da destinação do resíduo de construção civil. Essa resolução estabelece diretrizes e critérios para a gestão dos resíduos provenientes de obras civis. Em seu artigo 3º, apresenta uma classificação dos resíduos de construção civil quanto à sua origem. O foco do trabalho está nos resíduos Classe A, que são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é obter as características do agregado reciclado produzido a partir do resíduo de construção civil, doado por uma empresa de remoção de resíduos, originados na obra de reforma do Prédio de Pesquisas Aquáticas da Universidade Federal do Espírito Santo com data de construção de março de 1983.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, são necessárias as seguintes etapas:

- Realizar os ensaios de caracterização de agregado para utilização em concreto não estrutural a fim de avaliar a sua aplicabilidade;
- Realizar os ensaios de caracterização de solos, para avaliar a utilização do agregado reciclado como base e sub-base de pavimentação;
- Realizar ensaios de caracterização química a fim de quantificar os contaminantes presentes no agregado reciclado.

2 Metodologia

2.1 Planejamento

O procedimento experimental deste trabalho consiste em realizar a caracterização do agregado reciclado de RCC segundo os pré-requisitos para utilização em pavimentação e em concreto sem função estrutural, especificados pela NBR 15116 (ABNT, 2004). Após a classificação do RCC, procedeu-se com a britagem realizada com o britador de mandíbulas. Por fim deu-se início os ensaios especificados na NBR 15116 (ABNT, 2004).

2.2 Classificação do Resíduo

Antes de proceder com a britagem, foi realizada a classificação do RCC. Foram coletadas seis amostras de aproximadamente 18,0 kg. O RCC coletado foi dividido em seis partes com o auxílio de uma fita plástica, (a fita foi realçada para facilitar a visualização como se pode ver na Figura 1), coletando-se as amostras em seguida. As amostras foram coletadas de forma bem homogênea com o intuito de manter as características do lote.

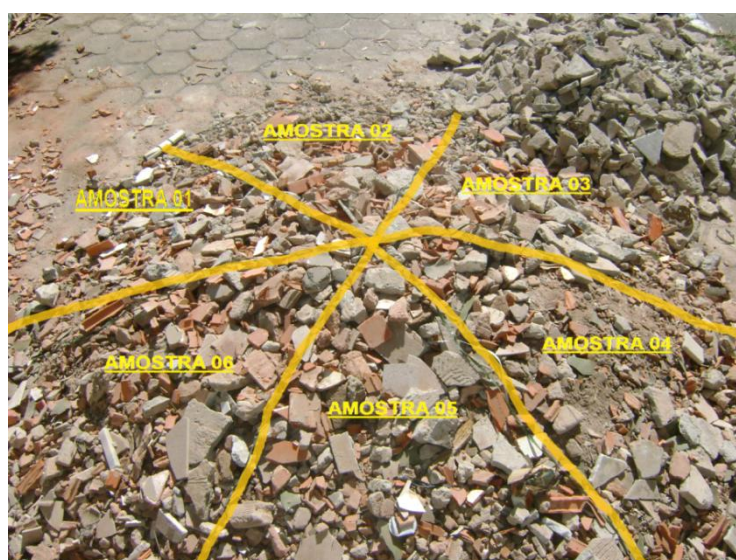


Figura 1 - Divisão do RCC (Acervo próprio (2012))

As amostras foram acondicionadas em sacos (Figura 2) e classificadas separadamente (Figuras 3 e 4). Foi obtida a massa total da amostra e depois a massa de cada grupo da classificação, a saber:

- **Rocha**, fragmentos constituídos por rocha em mais de 50% do volume;
- **Argamassa**, fragmentos que apresentam pasta de cimento endurecida e/ou pasta de argila em mais de 50% do volume;
- **Cerâmica**, fragmentos de cerâmica branca ou vermelha, com superfície não polida, em mais de 50% do volume;
- **Cerâmica Polida**, fragmentos de cerâmica polida em mais de 50% do volume;
- **Concreto**, fragmentos que apresentam concreto em mais de 50% do volume.



Figura 2 - Acondicionamento das amostras para composição (Acervo próprio)



Figura 0 - Amostra 02 da composição do RCC (Acervo próprio)



Figura 34 - Amostra 06 da composição do RCC (Acervo próprio)

Não foi observada presença de materiais fora desses grupos, como por exemplo, materiais orgânicos ou plásticos, pois esses foram eliminados na hora da coleta das amostras.

2.3 Britagem

Após a classificação do RCC, deu-se início ao processo de britagem. A máquina utilizada para tal foi o britador de mandíbula do LEMAC (Figura 5). O mesmo encontra-se danificado em relação à abertura da mandíbula, e a regulagem não pode ser feita. Sendo assim, foi mantida a regulagem inicial do equipamento sem a possibilidade de regulagem precisa para o processo de britagem. O RCC era despejado manual e gradualmente na mandíbula, devido seu tamanho reduzido (Figura 5).

O agregado produzido era despejado na peneira 4,75mm a fim de separar o agregado miúdo do agregado gráúdo. O peneiramento era realizado com auxílio do vibrador de peneiras. Foi observado durante o processo de britagem, que os materiais lamelares, como cerâmicas, passavam direto pela mandíbula, sendo necessário recoloca-los no britador junto com pedaços grandes de concreto.

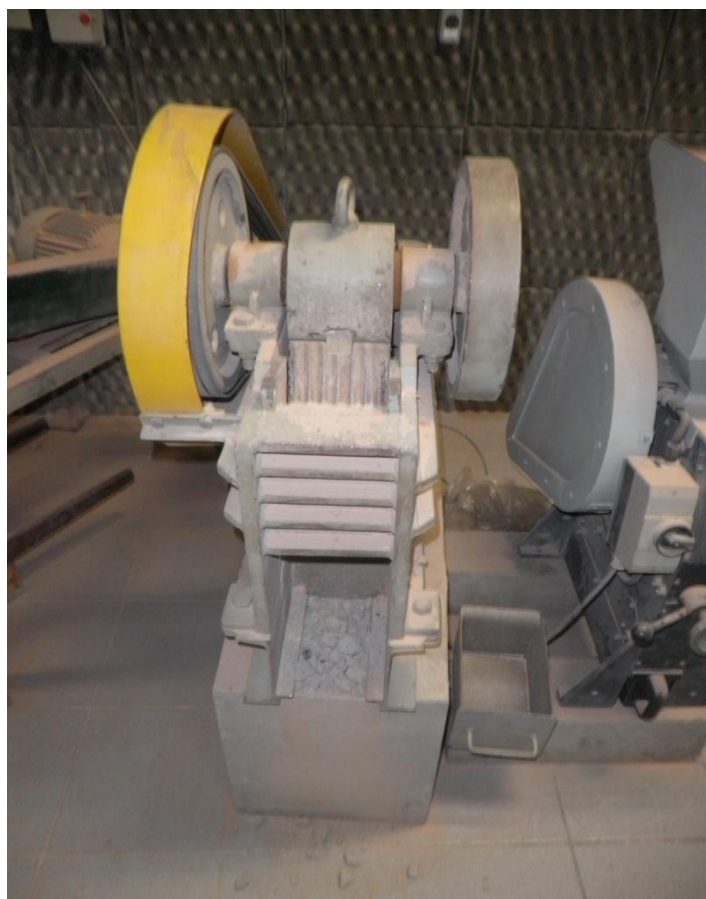


Figura 45 - Britador de mandíbula do LEMAC (Acervo próprio)

2.4 Ensaios

Posteriormente ao processo de britagem foram realizados os ensaios. Primeiramente, foram realizados os ensaios referentes a agregado miúdo e na sequência os ensaios de agregado graúdo. As amostras de ensaio foram todas obtidas a partir de quarteamento mecânico conforme NBR NM 27 (ABNT, 2001). Seguindo a NBR 15116 (ABNT, 2004), realizou-se os seguintes ensaios conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Determinação do tipo e frequência de execução de ensaios.

Propriedades	Método de ensaio	Frequência de ensaios	
		Concreto sem função estrutural	Camada de pavimento
Composição Granulométrica	ABNT NBR 7181	Não se aplica	A cada lote
	ABNT NBR NM 248	A cada lote	Não se aplica

Teor de material passante na peneira 75µm		ABNT NBR NM 46	A cada lote	Não se aplica
Absorção d'água	Agregado graúdo	ABNT NBR NM 53	A cada lote	Não se aplica
	Agregado miúdo	ABNT NBR NM 30		
Torrões de argila e materiais friáveis		ABNT NBR 7218	A cada lote	Não se aplica
Índice de forma (agregado graúdo)		ABNT NBR 7809	Não se aplica	A cada lote
Índice de suporte Califórnia e expansibilidade		ABNT NBR 9895	Não se aplica	A cada lote
Composição de agregado graúdo		Anexo A – ABNT NBR 15116	A cada lote	
Percentual de materiais não minerais no agregado miúdo		Anexo B – ABNT NBR 15116	A cada lote	
Teor de cloretos		ABNT NBR 9917	Uma vez por mês ou 6000m³ ¹⁾	Não se aplica
Teor de sulfatos		ABNT NBR 9917	Uma vez por mês ou 6000m³ ¹⁾	
1) O que ocorrer primeiro.				

3 Resultados

Apresenta-se um resumo dos resultados obtidos nos ensaios realizados. Os ensaios foram realizados tomando como referência as prescrições e recomendações da NBR 15116 (ABNT, 2004).

Tabela 1 - Resultados gerais para utilização em pavimentação.

Ensaio		Limites da NBR 15116		Resultados obtidos	
		Agregado graúdo	Agregado miúdo	Agregado graúdo	Agregado miúdo
Composição granulométrica		Não uniforme e bem graduado com coeficiente de uniformidade $c_u > 10$		Não uniforme bem graduado $C_u = 13,13$	Uniforme com $C_u = 1,88$
Dimensão máxima característica		≤63 mm		25	4,75
Índice de forma		≤3	-	2,70	-
Teor de material passante na peneira de 0,42 mm		Entre 10% e 40%		0,89%	36,75%
Contaminantes – teores máximos em relação à massa do agregado reciclado [%]	Materiais não minerais de mesma característica ¹⁾	2		1,2%	1,93%
	Materiais não minerais de características distintas ¹⁾	3		1,2%	1,93%
	Sulfatos	2		0,503%	

¹⁾ Para os efeitos desta Norma, são exemplos de materiais não minerais: plástico, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos.

O agregado graúdo apresentou resultados que possibilitam sua aplicação na pavimentação, com índices dentro dos limites, com exceção do teor de material passante na peneira de 0,42 mm, que ficou abaixo do intervalo de 10% a 40%. O agregado miúdo apresentou uma composição granulométrica fora do exigido pela NBR 15116, com um $C_u = 1,88$, os demais resultados ficaram dentro dos limites.

Como não foi possível obter as umidades ótimas nos ensaios de compactação, não se obteve um resultado preciso de expansibilidade e ISC.

Tabela 2 - Resultados gerais para utilização em concreto não estrutural.

Ensaio		Limites				Resultados obtidos	
		ACM		ARM			
		Graúdo	Miúdo	Graúdo	Miúdo	Agregado Graúdo	Agregado miúdo
Teor de fragmentos à base de cimento e rochas [%]		≥90	-	<90	-	65,1%	-
Absorção de água [%]		≤7	≤12	≤12	≤17	5,13%	5,77%
Contaminantes – teores máximos em relação à massa do agregado reciclado [%]	Cloreto	1				0,043%	
	Sulfato	1				0,503%	
	Materiais não minerais ¹⁾	2				1,2%	1,93%
	Torrões de argila	2				3,39%	
	Teor total máximo de contaminantes	3				5,5%	
Teor de material passante na malha 75µm [%]		≤10	≤15%	≤10%	≤20%	2,32%	8,62%

Nota-se que, apesar dos índices de torrões de argila e de teor total de contaminantes terem ficados pouco acima do limite, os resultados obtidos podem tornar viáveis a utilização desses resíduos, tanto para utilização em pavimentação, quanto para concretos sem fins estruturais.

3.1 Classificação do Resíduo

Todo o material processado foi classificado como classe A, uma vez que os materiais pertencentes a outras classes foram separados antes do processo de britagem. Na realização da composição do RCC cada amostra foi disposta sobre a bancada e separada em cinco categorias, sendo elas:

- Argamassa (de cal, cimento ou argila);
- Cerâmica vermelha e/ou branca, não polida;
- Cerâmica polida;
- Concreto;
- Rocha.

Cada categoria de cada amostra foi pesada separadamente, gerando o gráfico da Figura 6.

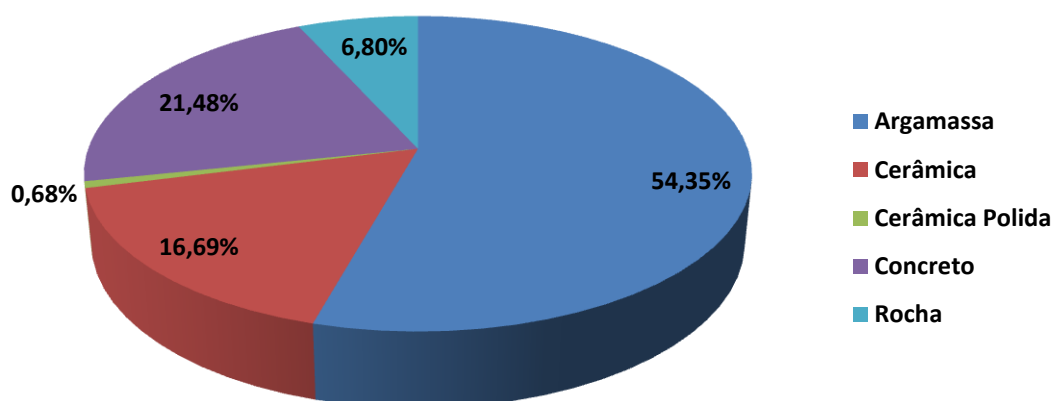


Figura 6 - Gráfico da composição média em porcentagem de massa do RCC (Produção dos autores)

Pela figura 6 é possível verificar que os resíduos apresentam, em sua maioria, percentuais de argamassa (54,34%), seguidos de concreto (21,48%) e argamassa (16,69%). Fato este que torna o resíduo praticamente inerte quando inserido em uma matriz cimentícia para fabricação de concretos sem fins estruturais.



4 Considerações Finais

O ensaio de composição do agregado graúdo apontou que o RCC analisado tem menos de 90% de fragmentos de cimento e rocha, logo se classifica como Agregado de Resíduo Misto (ARM). Através da composição granulométrica do agregado miúdo indicou que este está na zona ótima de utilização, com um módulo de finura de 2,30 e a dimensão máxima característica de 4,8 mm. Enquanto isso, a composição granulométrica do agregado graúdo resultou em um módulo de finura de 7,20 e uma dimensão máxima característica de 25 mm. A classificação do agregado graúdo segundo sua granulometria não foi possível devido a problemas com o britador.

A absorção de água ficou abaixo do limite estabelecido pela NBR 15116 (ABNT, 2004), sendo os valores obtidos 5,77% e 5,13%, para os agregados miúdos e graúdos respectivamente. Os índices de contaminantes obtidos foram, sais de cloreto com 0,043% e sais de sulfato com 0,503%, materiais não minerais com 1,93% de concentração também ficaram abaixo dos limites. Por sua vez, o teor de torrões de argila e materiais friáveis apresentou valor ligeiramente acima do limite com o resultado de 3,39%. Na somatória dos contaminantes obtêm-se o valor de 5,87%, muito acima do limite permitido por norma (3%).

Observa-se aqui uma inconsistência na norma NBR 15116 (ABNT, 2004), onde os limites de contaminantes são de 1%, 1%, 2% e 2%, respectivamente, para sais de cloreto, sais de sulfato, materiais não minerais e torrões de argila e materiais friáveis. Esperava-se que o limite máximo de contaminantes fosse de 6%, e não de 3% como apresenta a referida norma. O teor de material passante na peneira 200 (abertura 75µm), de 8,62% para o agregado miúdo e de 2,34% para o agregado graúdo também ficaram abaixo do limite para ARM em utilização em concreto não estrutural que são de 10% para agregado miúdo e 20% para agregado graúdo.

Para os ensaios de requisitos gerais para utilização em pavimentação, a composição granulométrica resultou na classificação como solo bem graduado para o agregado miúdo e uma granulometria uniforme para o agregado graúdo. O coeficiente de uniformidade (Cu) foi aprovado para o agregado miúdo com Cu=13,13, e reprovado para o agregado graúdo com 3,5, sendo o requisito Cu>10, isso indica um solo desuniforme no caso do agregado miúdo e solo uniforme no caso do agregado graúdo.

A dimensão máxima característica de 25 mm ficou abaixo do limite, 63 mm, assim como o índice de forma de 2,70 mm, sendo o limite 3 mm. O teor de material passante na peneira 0,42 mm foi de 36,75% para o agregado miúdo e 0,89% para o agregado graúdo, sendo o requisito para utilização entre 10% e 40%. Os índices de contaminantes não minerais foi de 1,93% para o agregado miúdo e de 1,2% para o agregado graúdo ficaram abaixo dos



limites de 2% para materiais não minerais de mesma característica e 3% para materiais não minerais de características distintas.

Segundo a NBR 15116 (ABNT, 2004), materiais não minerais são, por exemplo, plástico, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos. O teor de sais de sulfato também ficou abaixo do limite de 2%, apresentando o índice de 0,503%. Os resultados de contaminantes são os mesmos para os requisitos de concreto sem função estrutural, pois se trata do mesmo ensaio, ou seja, os anexos A e B da NBR 15116 (ABNT, 2004).

Analisando esses resultados, pode-se concluir, que a amostra de resíduos analisada neste trabalho e transformada em agregado reciclado pode, com algumas melhorias, ser aplicado em concreto não estrutural, pois a mesma teve em sua maioria índices dentro dos limites estabelecidos pela NBR 15116 (ABNT, 2004). Isso mostra que apesar do resíduo ter quase 30 anos já que foi retirado da reforma de um prédio do ano de 1983, a aplicação desse resíduo ainda é viável.

Apesar dos valores obtidos estarem abaixo do limite para os ensaios de expansibilidade, 1% para reforço de subleito e revestimento primário de sub-base e 0,5% para execução de base de pavimentação, para a utilização em pavimentação seria necessária a estabilização do agregado, já que este não atingiu os índices mínimos de ISC. Essa estabilização se faz pela adição de cimento Portland ou cal hidratada, seguindo especificações da NBR 15115 (ABNT, 2004). Além disso, a regularização da granulometria através da adição de agregado convencional também seria necessária para o agregado graúdo.

5 Referências

ANGULO, S. C. JOHN, V. M.; ULSEN, C.; KAHN, H. **CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO RECICLADOS SEPARADOS POR LÍQUIDOS DENSOS**. I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**. Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984. Versão Corrigida: 1988.

_____. **NBR 7218**. Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro, 2010.



____. **NBR 7809.** Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006. Versão Corrigida: 2008.

____. **NBR 9895.** Solo - Índice de suporte Califórnia - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

____. **NBR 9917.** Agregados para concreto- Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis. Rio Janeiro, 2009.

____. **NBR 15114.** Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

____. **NBR 15115.** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

____. **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 27.** Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2001.

____. **NBR NM 30.** Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

____. **NBR NM 46.** Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.

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

____. **NBR NM 248.** Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n º 307**, de 05 de julho de 2002: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2002.

GALLIAS, J. L. **Action of gypsum on recycled aggregate concrete.** In: MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION – CIB WORLD BUILDING CONGRESS, 1998, Gävle, Sweden. Proceedings...Gävle: Kickan Fahlstedt, KTH, 1998. Symposium A. 2v., v.2., p.175–182.



Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2013
Outubro / 2013



@ 2013 - IBRACON - ISSN 2175-8182

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999. 189 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

QUEBAUD, M.; COURTIAL, M.; BUYLE-BODIN, F. **The recycling of demolition materials: basic properties of concretes with recycled aggregates from demolished buildings.** In: R'97 – RECOVERY, RECYCLING, RE-INTEGRATION, INTERNATIONAL CONGRESS WITH EXHIBITION, 3., 1997, Geneva, Switzerland. Proceedings ... Switzerland: [s.n.], 1997. 2v. v.2., p.11179 – 11186.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto.** Campinas, 1997. 140 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil - FEC, Universidade Estadual de Campinas.