



OBTENÇÃO DE ARGAMASSAS COM AGREGADOS RECICLADOS PRODUZIDOS NA OBRA PARA USO EM REVESTIMENTO

Paulo C. C. Gomes (1); Marcell G. C. Santos (2); Sidiclei S. Felix (3); Roberto B. dos Santos (4)

- (1) Laboratório de Estruturas e Materiais – Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: pgomes@ctec.ufal.br
- (2) Laboratório de Estruturas e Materiais – Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: marcell.gustavo@hotmail.com
- (3) Laboratório de Estruturas e Materiais – Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: sidicleifelix@hotmail.com
- (4) Laboratório de Estruturas e Materiais – Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: rbs@ctec.ufal.br

RESUMO

O Resíduo da Construção Civil (RCC) é formado por: concreto, metais, madeira, papelão, gesso, vegetação, PVC, cerâmicas, rochas, alvenarias, blocos, areia, etc. Desses resíduos, segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o tipo classe A, que são os oriundos de componentes cerâmicos, argamassa, concreto, blocos, alvenaria, etc., são os únicos reutilizáveis ou recicláveis como agregados na construção civil, os demais são para outras destinações ou são considerados perigosos ou não existe tecnologia ainda desenvolvida para sua utilização. Esses materiais quando beneficiados, caracterizados e testados podem ser incorporados no mercado como agregados reciclados para uso na construção civil, que traz benefícios econômicos; ambientais e sociais. Atualmente, existe apenas uma norma que regulariza a utilização dos resíduos como agregados reciclados, para uso em pavimentação e em concretos sem função estrutural (NBR 15116, 2004), o que mostra ainda a incipiente com relação ao uso de agregados reciclados. Há a necessidade de estudos que comprove a viabilidade técnica dos agregados reciclados como matéria-prima para confecção de argamassas e concretos que possam ser utilizados em diversos tipos de elementos construtivos, em blocos, pisos, alvenarias e estruturas. O uso dos resíduos em obra comprova que argamassas de revestimento (reboco) produzidas com agregados reciclados, para uso em alvenaria, podem representar uma economia de 40 % em relação às argamassas com agregados naturais. Todavia essa economia tem que está entrelaçada a viabilidade tecnológica, que garanta pouco ou nenhum prejuízo as propriedades das argamassas. Neste contexto, esse estudo visa obter argamassas de revestimento substituindo o agregado natural (areia) pelo agregado reciclado, tipo classe “A”, originado de restos de alvenaria (tijolos cerâmicos e argamassas) proveniente da fase de fechamento de edifício residencial da cidade de Maceió. As propriedades mecânicas obtidas em argamassas com agregados reciclados serão comparadas com as argamassas de referência com agregados naturais. Os resultados mostram que a utilização do agregado reciclado em substituição a areia, nas argamassas, não trouxe prejuízo as propriedades analisadas e sim, apresentaram resultados superiores, quando comparados com a argamassa de referência.

Palavras-chave: resíduo; agregados reciclados; argamassas; propriedades mecânicas.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problemática, gestão e reciclagem do resíduo da construção civil

A construção civil é um dos setores que provoca maior impacto ambiental tendo em vista não somente pela geração vultosa de volume de seus resíduos, os chamados RCC's (Resíduos da Construção Civil) como também pelo consumo elevado de matéria-prima (recursos naturais).

No que se diz respeito ao consumo elevado de agregados naturais, cerca de 14% a 50% dos recursos naturais que são extraídos da terra são consumidos pela construção civil sendo que, o consumo de agregados para concreto e argamassas, no Brasil, fica em torno de 210 milhões de toneladas por ano (JOHN, 2000). Já para a geração de resíduo, estatísticas mostram que o lixo coletado no Brasil, proveniente da construção civil (RCC), é duas vezes maior que o lixo urbano coletado (lixos domiciliar, hospitalar etc); gerando 0,52 tonelada por ano de entulho por habitante, o que representa 50% a 61% da massa dos resíduos sólidos urbanos (PINTO, 1999).

Focando-se na geração dos RCC's, os mesmos são atualmente um dos maiores causadores de impactos ambientais urbanos, ocasionados principalmente pela deposição de forma desordenada nos locais impróprios, gerando vários problemas decorrentes disso. Dentre esses problemas destacam-se:

- A degradação da paisagem urbana, desperdício de recursos naturais não-renováveis;
- Redução de vida útil dos locais adequados para aterramento dos resíduos não-renováveis;
- Entulhos nas vias públicas e córregos, afetando a drenagem e a estabilidade das encostas, abrigando vetores transmissores de doenças (ratos, baratas, mosquitos, moscas) e animais peçonhentos (cobra, escorpiões) resultantes do montante de entulho.

Os problemas gerados pelos RCC (resíduo da construção civil) na maioria das cidades comprovam a necessidade de uma política de gestão que gerencie a produção, o armazenamento e a reciclagem e/ou o reaproveitamento, tanto pelos órgãos públicos quanto pelas empresas geradoras, dando a cada um suas responsabilidades.

Foi neste sentido que a resolução CONAMA 307/2002, frente aos problemas ambientais gerados pelos RCC's, considerou imprescindível a implementação de diretrizes que visam à redução desses impactos, responsabilizando os geradores pela destinação final de seus resíduos e ainda, estabelecendo alguns critérios para a gestão destes resíduos a fim de serem reciclados; tendo em vista, a viabilidade técnica e econômica de produção e uso desses materiais provenientes da reciclagem.

No entanto, o uso de tais resíduos está atrelado aos procedimentos de gerenciamento das empresas na gestão que trata dos resíduos produzidos pela mesma. Muitas vezes estes resíduos são descartados sem critério, trazendo despesas adicionais para as empresas, e são desprezados por falta de conhecimentos técnicos, fazendo com que a empresa tenha um desperdício maior.

Esses resíduos quando beneficiados, caracterizados e avaliados podem ser incorporados no mercado como agregados reciclados para uso na construção civil. Atualmente, existem apenas duas normas que regularizam a utilização dos resíduos como agregados reciclados, uma para uso em pavimentação e em concretos sem função estrutural (NBR 15116/2004) e outra para execução de camada de pavimentação (NBR 1511/ 2004), o que mostra ainda a incipiente com relação ao uso de agregados reciclados na construção civil, havendo necessidade de estudos que comprovem seu potencial como matéria-prima, que possa ser utilizado, como por exemplo, em diversos tipos de argamassas usadas nas alvenarias. Um estudo criterioso em busca da otimização de dosagens de misturas que utilizem esses agregados em argamassas é necessário para sua aplicação com segurança e satisfação no custo.

1.2 Estudos da viabilidade técnica da reciclagem do RCC's

A reciclagem de resíduos da construção civil teve início no Brasil em 1991 quando foi instalada a primeira usina na cidade de Itatinga (estado de São Paulo), com a capacidade de reciclagem de 100 toneladas por dia. O material reciclado foi inicialmente utilizado como base na pavimentação de ruas e estradas (MENDES; BORJA, 2007). Voltado para esta necessidade não somente ecológica como

social e econômica, devido ao grande impacto ambiental que esses resíduos estão causando, pesquisas têm alargado a sua utilização em argamassas e concretos, cujos agregados naturais têm sido substituídos por agregados reciclados ou em combinação de ambos. Nesse contexto, há necessidade de se desenvolver cada vez mais estudos para tal fim, no sentido de avaliar o potencial técnico destes materiais.

No trabalho de Assunção (2007), por exemplo, foi feito um estudo onde se utilizou em argamassas para revestimento agregado miúdo reciclado da geração de entulhos da construção civil de um edifício na cidade de Belém-Pará em sua fase de alvenaria. Substituiu-se assim 30% e 50% o agregado natural pelo reciclado, comparando-os com uma argamassa de referência (argamassa convencional, ou seja, com agregado natural). Foi analisado, dessa forma, algumas propriedades das argamassas no estado plástico e endurecido. Constatou-se que as argamassas com agregado reciclado (RCC) tiveram aumento de resistência mecânica em relação à argamassa de referência - com destaque para a substituição de 50% em que se obteve maior resistência - e apresentaram melhor rendimento nas propriedades analisadas.

No estudo realizado por Mendes e Borja (2007) se utilizou resíduos de cerâmica vermelha proveniente da quebra ou empena de telhas de uma fábrica de Parelhas - RN. Nesse estudo foram elaborados quatro traços de argamassa nas proporções de 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo de cerâmica vermelha em substituição à cal, cujo traço de referência era composto de cimento, cal e areia natural. As propriedades analisadas das argamassas foram: índice de consistência, teor de ar incorporado e densidade da argamassa no estado fresco. Os resultados apontaram um aumento gradativo para o índice de consistência acompanhado do aumento de resíduo de cerâmica vermelha em relação à argamassa de referência, fato explicado pela redução de cal na argamassa. Já para o teor de ar incorporado, não foi diferente, houve também um aumento de teor de ar incorporado em relação ao traço de referência, com exceção feita ao traço com 5% em que se teve redução de teor de ar incorporado. E por fim, a densidade das argamassas em que foram feitas as substituições - com exceção feita também a substituição de 5% - alcançaram resultados inferiores ao traço de referência evidenciando, dessa forma, uma melhor trabalhabilidade. Em resumo, constatou-se que o resíduo da cerâmica vermelha proveniente da fábrica de Parelhas - RN substituindo a cal, em proporções parciais, tornaram-se viáveis tecnicamente podendo a argamassa estudada ser utilizada no mercado sem prejuízos à obra ou à construção.

Atualmente o projeto LAPLENCI (Laboratório Aplicado à engenharia Civil) que tem como subprojeto OBTENÇÃO DE MATERIAIS A BASE DE CIMENTO UTILIZANDO AGREGADOS RECICLADOS PRODUZIDOS NA OBRA PARA USO EM SISTEMAS CONSTRUTIVOS, financiado pela FINEP, é executado pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL) no Laboratório de Estruturas e Materiais (LEMA) do Centro de Tecnologia (CTEC) no qual está desenvolvendo estudos a fim de caracterizar os agregados reciclados e analisar a viabilidade de utilização do mesmo.

Dentro deste contexto, é verificado nesse estudo se os resíduos “classe A”, obtidos na etapa de alvenaria, são tecnicamente viáveis, ou seja, se a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado compromete as propriedades mecânicas das argamassas de tal modo que torne a sua utilização inviável, ou na melhor das hipóteses, que o resíduo melhore essas propriedades.

2 OBJETIVO

Analizar, através de ensaios executados no LEMA/CTEC/UFAL, as propriedades mecânicas de argamassas, utilizando em sua constituição agregados reciclados proveniente da etapa de alvenaria com blocos cerâmicos, em diferentes proporções.

3 METODOLOGIA

3.1 Diagnóstico do processo de separação e gerenciamento do resíduo na obra

Para obtenção do agregado reciclado foi escolhida uma construtora que aplicasse em sua política de

gestão de resíduo o processo de segregação dos mesmos. Para levantamento de dados foram realizadas visitas no canteiro de obra a fim de obter informações do gerenciamento dos resíduos. Das visitas realizadas, observou-se que a obra encontrava-se na fase de levantamento de alvenaria e verificou-se que os materiais predominantes gerados nesta fase eram restos de tijolos e cerâmica e argamassas.

Durante as visitas foi acompanhado todo procedimento que a construtora aplica na segregação do resíduo na sua obra.

Alem da observação do processo de gerenciamento do resíduo também foi realizado um conjunto de entrevistas estruturadas com o engenheiro responsável pela produção nos empreendimentos da empresa. As entrevistas foram conduzidas com o auxílio de um questionário organizado em três módulos específicos:

- Capacitação dos Funcionários - composto por três questões, tinha a finalidade de saber se os funcionários estavam devidamente treinados para o procedimento de segregação e processamento dos resíduos na obra;
- Estoque de Resíduos – composto por 5 questões, procurava avaliar a forma como eram armazenados os resíduos gerados durante a construção e como era feito o seu transporte;
- Segregação, Processamento e Destinação final – composto por 12 questões, buscava analisar o modo como os resíduos eram segregados, processados e para onde os mesmos eram enviados. Um dos pontos críticos verificados era se a empresa parceira do projeto atendia às normas da Resolução 307 do CONAMA.

3.2 Coleta e beneficiamento do resíduo

A etapa de beneficiamento do resíduo, para geração do agregado reciclado, foi desenvolvida no canteiro da própria obra, sendo executada a fragmentação do resíduo, isto é, moendo as partículas do resíduo de construção e demolição, usando um moinho, Figura 1, até se chegar às dimensões adequadas dos grãos de agregados miúdos.



Figura 1 – Moinho utilizado para Trituração.

Após a moagem do resíduo na obra, o mesmo foi colocado em alguns sacos plásticos e transportado para o Laboratório de Estruturas e Materiais (LEMA) do Centro de Tecnologia (CTEC) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

No laboratório, todo o material transportado foi peneirado e colocado em outro saco plástico (big bag) para o seu armazenamento no laboratório. É bom frisar que, o peneiramento se deu para separar as partículas do material reciclado em duas frações principais: a de agregado graúdo ($d \geq 4,75$ mm) e a de agregado miúdo ($d < 4,75$ mm) cuja dimensão é de interesse neste trabalho, para ser usada como areia reciclada em argamassas.

3.3 Caracterização dos materiais

Esta etapa teve como objetivo avaliar o resíduo e a areia através da determinação de suas propriedades físicas, que foram obtidas através de ensaios realizados no LEMA/CTEC/UFAL. Os ensaios realizados foram: determinação da composição granulométrica – NBR NM 248; determinação da massa específica – NBR NM 52; determinação da absorção de água – NBR NM 30; determinação das impurezas orgânicas – NBR NM 49; determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis –

NBR 7218; determinação da massa unitária – NBR NM 7251; determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem - NBR NM 46;

3.4 Definição das proporções dos componentes das argamassas (traços) e produção das argamassas para realização dos ensaios

Nesta etapa foi definido o traço de referência a ser utilizado no estudo e posteriormente foi dado início a fabricação das argamassas para a determinação das seguintes propriedades: determinação do teor de água e do índice de consistência das argamassas – NBR NM13276; determinação da resistência a tração na flexão e à compressão – NBR 13279; determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado – NBR 13278; determinação da retenção de água – NBR 13277.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Diagnóstico do processo de separação e gerenciamento do resíduo no canteiro de obras

A identificação de cada uma das atividades associadas aos resíduos, desde sua geração até a sua destinação final foi conduzida através do acompanhamento dos fluxos físicos seguidos por cada um dos resíduos, por exemplo: papel, onde todo o percurso era acompanhado e registrado. A Tabela 1 e a Figura 2 mostram o mapeamento feito para a construtora.

Tabela 1 - Simbologia adotada na elaboração das representações gráficas dos processos

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Atividade de processamento, por exemplo: Geração do resíduo e peneiramento.
	Atividade de transporte ou movimentação, por exemplo: transporte vertical no guincho e transporte por carro de mão.
	Atividade de estoque de material ou material em espera para realização de alguma outra atividade, por exemplo: estoque de blocos para execução de alvenaria de vedação ou material estocado em baia.
	Decisão tomada no processo, por exemplo: segregação dos resíduos e encaminhamento dos mesmos aos seus respectivos estoques

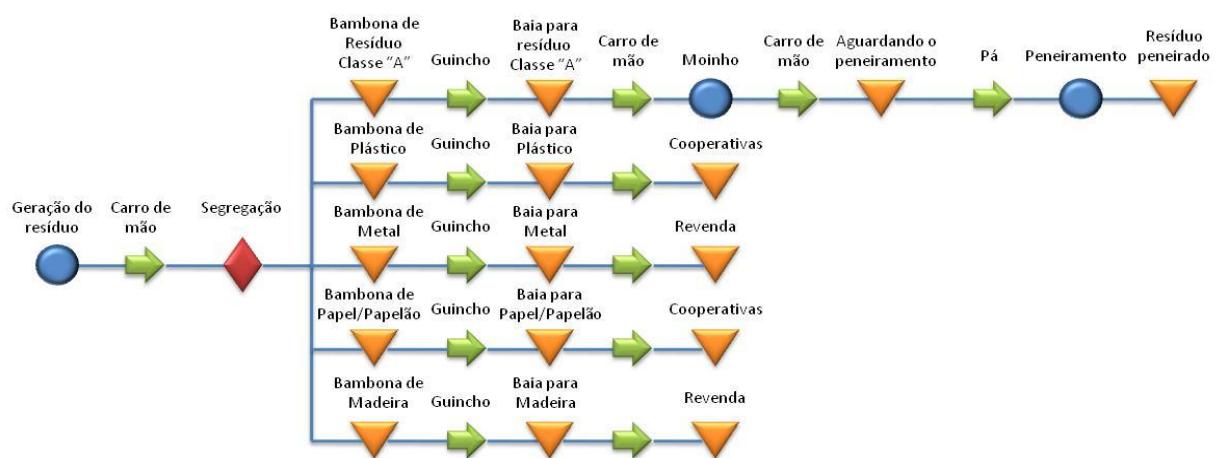


Figura 2 - Mapa do processo de geração, processamento e segregação dos resíduos.

4.2 Caracterização dos agregados

4.2.1 Composição granulométrica

Com o ensaio de granulometria foi possível obter o módulo de finura, o tamanho máximo dos agregados e sua distribuição granulométrica. A Tabela 2 e o Gráfico 1 mostram as características obtidas pelo ensaio.

Tabela 2 – Características granulométricas.

Materiais	Diâmetro máximo	Módulo de finura
Areia	4,8mm	2,81
Resíduo	2,4mm	2,08

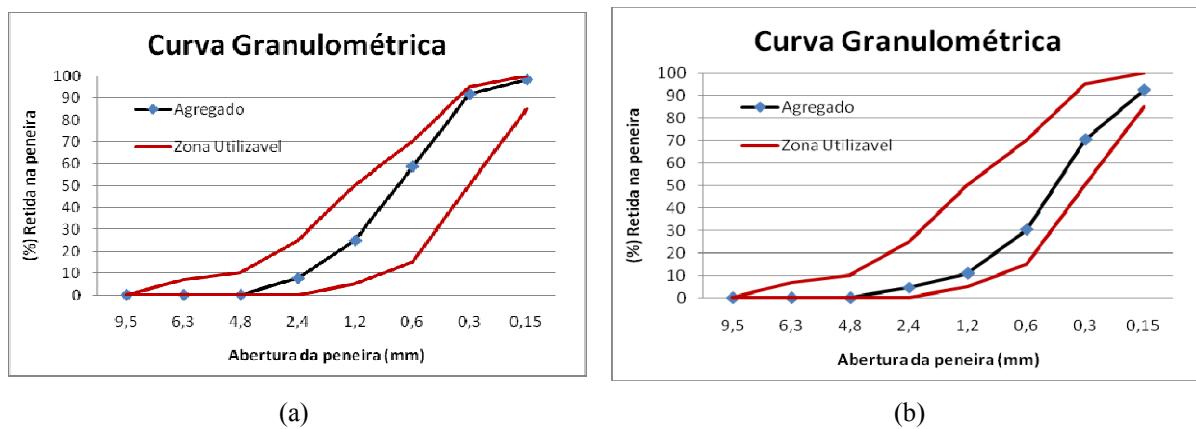


Gráfico 1 – Curva granulométrica - (a) Areia e (b) Resíduo.

Observa-se nos Gráficos a e b que a curva granulométrica dos materiais (areia natural e agregado reciclado) se enquadra na zona utilizável, recomendada pela NBR 7211(ABNT, 2005).

Pelos resultados encontrados na Tabela 2, tanto a areia natural quanto o resíduo são classificados como areia média, porém observa-se que o resíduo é um material mais fino que a areia, pois seu módulo de finura se aproxima de 2.

4.2.2 Absorção de água e Massa específica

De acordo com ABNT NBR 15116, o percentual máximo aceitável para absorção é de 17 %. Verifica-se na Tabela 3 que tanto a areia quanto o resíduo estão com percentuais de absorção de água abaixo do limite estipulado em norma. Porém, o resíduo apresenta um valor maior, o que era esperado, por ser um material mais fino comparado com a areia utilizada. Já na Tabela 4 o valor da massa específica do agregado reciclado foi inferior a massa específica do agregado natural caracterizando um material mais leve.

Tabela 3 – Ensaio de absorção de água.

Absorção de água – NBR - NM 30:2000		
Material	Areia	Resíduo
Absorção (%)	8,2	10,8

Tabela 4 – Ensaio de massa específica.

Massas específicas – NBR NM 52/02		
Material	Areia	Resíduo
Massa específica (g/cm^3)	2,62	2,49

4.2.3 Teor de material pulverulento

Os resultados do ensaio do teor de material pulverulento são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Teor de material pulverulento.

Material fino (<75µm) – NBR NM 46/03		
Material	Areia	Resíduo
Material fino (%)	1,4	22,1

O teor de finos encontrado para o agregado reciclado ultrapassa o limite estabelecido pela NBR 15116 (ABNT, 2004) que é de 20%, demonstrando dessa forma que o material apresenta muitos finos.

4.2.4 Impurezas orgânicas

Tanto o resíduo quanto a areia ficaram no grupo 1, ou seja, com pouca ou nenhuma impurezas orgânicas.

4.2.5 Massa unitária

A média da massa unitária do resíduo mostrada na Tabela 6 se aproxima de valores encontrados por outros autores, Zordan (1997) 1410 kg/m³ e Carneiro et al. (2001) 1300 kg/m³.

Tabela 6 – Massa unitária.

Massa unitária em estado solto – NBR 7251/82		
Material	Areia	Resíduo
Massa unitária (kg/dm ³)	1,54	1,44

4.2.6 Teor de argila em torrões

Sabe-se que o teor de argila e torrões são partículas presentes nos agregados suscetíveis de serem desfeitas pela pressão entre os dedos polegar e indicador. A NBR 7211/2005 estabelece o limite máximo de 3 % desse teor. Dessa forma, com o resultado de 5,53 % obtido para o agregado reciclado estudado, o mesmo não se enquadra nesse limite. O alto valor é justificado pela origem do resíduo que tem como matéria-prima predominante tijolos cerâmicos.

Tabela 7 – Teor de argila em torrões

Teor de argila em torrões – NBR 7218/87		
Material	Areia	Resíduo
Teor total (%)	0,73	5,53

4.3 Determinação dos traços e do fator água/cimento

O traço de referência, em volume, foi escolhido baseado na literatura e nas informações dos engenheiros de obra. Os demais traços foram obtidos substituindo parte da areia pelo resíduo. O fator água/cimento (a/c) das argamassas foi determinado através do procedimento do ensaio de determinação do teor de água e índice de consistência pela NBR 13276/1995. O procedimento consistiu em determinar a consistência das argamassas através das medições dos diâmetros de espalhamento das argamassas na mesa de consistência, após a compactação. Assim, a consistência de uma argamassa para uma determinada relação a/c foi considerada “adequada” quando atendeu valores entre 255 mm e 265 mm de diâmetro de espalhamento. A Tabela 8 mostra os traços utilizados neste trabalho.

Tabela 8 – Dosagens utilizadas no projeto.

Identificação*	Cimento	Cal	Areia	Resíduo	Água/Cimento
AR17	1	0	7	0	2,4
A116	1	1	6	0	2,0
A161	1	0	6	1	2,3
A152	1	0	5	2	2,1
A143	1	0	4	3	2,1

Nota: o primeiro algarismo se refere à proporção de cimento, o segundo a quantidade de areia e o terceiro a quantidade de resíduo, exceto a A116, cujo segundo número se refere a quantidade da cal usada. A letra “A” se refere à palavra argamassa e “R” referência.

Na tabela 8, observa-se que na mistura A116, ao substituir a areia, em torno de 14 %, por cal, houve uma diminuição da relação a/c para atingir os diâmetros de espalhamento especificados. Essa diminuição sucedeu pelo fato da cal melhorar, dentre outras propriedades, a plasticidade da mistura. Porém, quando a areia é substituída na mesma proporção pelo resíduo a diminuição da relação a/c não foi significante para alcance dos valores de consistência definidos, mostrando pouca influência na consistência da argamassa em relação à de referência. Já nas misturas A152 e A143, cuja areia é substituída pelo resíduo, em torno de 30 % a 43 %, verifica-se uma diminuição considerável da relação a/c para obtenção das consistências desejadas, cujos valores se aproximam daquele obtido pela argamassa contendo a cal. Observou-se no ensaio de consistência que essas dosagens de resíduo contribuíram para a plasticidade da mistura aproximando-se dos resultados obtidos com a utilização da cal.

4.4 Determinação das propriedades físicas das argamassas

4.4.1 Retenção de água, densidade de massa e teor de ar incorporado

Na Tabela 9, observa-se que quando parte da areia é substituída pela cal ocorre um aumento significativo da retenção de água, o qual se repetiu quando o mesmo volume de areia é substituído por resíduo, no entanto para maiores substituições de resíduos a retenção é próxima da argamassa de referência, fato que precisa ser melhor investigado uma vez que é de se esperar que o aumento de finos proporcione uma maior retenção. Segundo Silva (2006) isto se deve principalmente a adsorção de água à superfície das partículas, explicando que, além de outros fatores, a presença de materiais pulverulentos, que o caso do resíduo, aumenta a retenção de água. Com relação à densidade e o teor de ar incorporado esses são influenciados pelo maior volume de resíduo, principalmente, pelo alto teor de fino desse material.

Tabela 9 – Resultado do ensaio de retenção de água, densidade de massa e teor de ar incorporado.

Identificação	Retenção de água (%)	Densidade de massa (kg/m ³)	Teor de ar incorporado (%)
AR17	82	1798	14
A116	94	1894	12
A161	94	1895	12
A152	82	1903	10
A143	85	1964	6

4.4.2 Resistência à tração na flexão e à compressão

Na Tabela 10, observa-se que quando parte da areia é substituída pela cal houve aumento na

resistência à tração e à compressão, que se repetiu nas maiores substituições da areia pelo resíduo. O aumento de resistência das argamassas, contendo o agregado reciclado, pode ser justificado pela diminuição da relação a/c e do teor de ar incorporado, mostrados na tabela 9.

Tabela 10 – Resumo do resultado do ensaio de resistência á tração na flexão e á compressão.

Traço	Tração na flexão (MPa)	Compressão (MPa)
MR17	0,6	1,2
M116	0,8	1,8
M161	0,6	1,5
M152	0,7	1,8
M143	0,8	2,2

Segundo a NBR 13281/ 2005, as argamassas podem ser classificadas como apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Classificação das argamassas segundo a NBR 13281

CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS							
Compressão (MPa)		Tração (MPa)		Densidade de massa		Retenção de água (%)	
P1	< 2,0	R1	<1,5	D1	<1400	V1	<78
P2	1,5 a 3	R2	1,0 a 2,0	D2	1200 a 1600	V2	72 a 85
P3	2,5 a 4,5	R3	1,5 a 2,7	D3	1400 a 1800	V3	80 a 90
P4	4,0 a 6,5	R4	2,0 a 3,5	D4	1600 a 2000	V4	86 a 94
P5	5,5 a 9,0	R5	2,7 a 4,5	D5	1800 a 2200	V5	91 a 97
P6	>8,0	R6	>3,5	D6	>2000	V6	95 a 100

As argamassas, quanto à tração, estão classificadas como R1. Quanto à compressão, a argamassa A143 é P1, enquanto, as argamassas A116, A161 e A152 podem pertencer tanto ao grupo P1 quanto ao P2, já a argamassa A143 é P2. Em termos de densidade, as argamassas atendem ao grupo D4, e com relação a retenção de água as argamassas AR17, A152 e A143 podem pertencer aos grupos V2 e V3, enquanto as argamassas A116 e A161 pertencem ao grupo VA. Portanto, as argamassas estão dentro do mesmo grupo apenas quanto a resistência à tração e a densidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais considerações sobre o trabalho são:

- O processo de segregação da empresa ajudou na obtenção de um resíduo mais limpo, livre da presença de outros resíduos presentes na obra .
- O processo de beneficiamento do resíduo foi eficiente para obtenção de um material fino com dimensões da ordem de grandeza de um agregado natural miúdo, como a areia.
- As propriedades das argamassas obtidas com o resíduo foram próximas ou superiores aquelas obtidas nas argamassas sem o resíduo.
- Através dos ensaios realizados verificou-se que o uso do resíduo nas argamassas não trouxe prejuízo a argamassa de referência.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116:2004: **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural.**

_____ NBR NM 30 - **Agregado miúdo - Determinação da absorção de água.** 2001.

_____ NBR NM 248- **Agregados – Determinação da composição granulométrica.** 2003.

_____ NBR NM 46 - **Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrometro, por lavagem.** 2003.

_____ NBR NM 49: **Agregado fino – Determinação de impurezas orgânicas.** 2001.

_____ NBR NM 52: **Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente.** 2003.

_____ NBR 7251 – **Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária.** 1982.

_____ NBR 13276: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura e determinação de consistência.** Rio de Janeiro, 2005.

_____ NBR 13277: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da retenção de água.** Rio de Janeiro, 2005.

_____ NBR 13278: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.** Rio de Janeiro, 2005.

_____ NBR 13279: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro, 2005.

_____ NBR 13281: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

_____ NBR 7218: **Determinação do teor de argila em torrões nos agregados e materiais friáveis – requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSUNÇÃO, L.T. de; CARVALHO, G.F. de; BARATA, M.S. de; **Avaliação das propriedades das argamassas de revestimento produzidos com resíduos da construção e demolição com agregado.** EXACTA, São Paulo, 2007.

CARNEIRO, Alex P. et al.(2001). **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção. Projeto entulho bom.** Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal.

CONAMA. **Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Resolução nº. 307, julho, 2002.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, 2000. 102 p. Tese (Livre docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MENDES, B.S.; BORJA, E.V. **Estudo experimental das propriedades físicas de argamassas com adição de resíduos de cerâmicas vermelhas recicladas.** Rio Grande do Norte, 2007.Trabalho técnico- CEFET-RN, 2007.

PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.
Tese apresentada a escola politécnica da universidade de São Paulo.189p. São Paulo, 1999.

SILVA, N.G. Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.
Dissertação.universidade federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SILVA, N.G. Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.
Dissertação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SANTOS, D.L. Estudo da viabilidade econômica de utilização de resíduos reciclados em edifícios residenciais. Monografia de conclusão de curso de Engenharia Civil pela Universidade Federal de Alagoas, 2008.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FINEP pelo financiamento do projeto. Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica (PIBIC). A construtora BORELA e ARAÚJO BARROS pelo apoio ao projeto. Ao Laboratório de Estruturas e Materiais da Universidade Federal de Alagoas pela execução dos ensaios e a FUNDEPES pelo gerenciamento dos recursos do projeto.