



CONTRAPISO COM ENTULHO DE OBRA: UMA SOLUÇÃO VIÁVEL?

TURMINA, Rogério Fabiano (1); BARROS, Mercia M. S. B. (2)

- (1) Aluno de graduação da EPUSP e pesquisador do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica, PCC-USP. Rua Lima, 33. Sorocaba, SP. Cep. 18047-110. e-mail rogério.turmina@poli.usp.br
- (2) Engenheira Civil, Doutora em Engenharia, Professora e Pesquisadora da Escola Politécnica da USP – Departamento de Construção Civil – Av. Prof. Almeida Prado, Trav. 2, no. 83 – CEP 05508-900 – São Paulo – SP - e-mail: mercia.barros@poli.usp.br

SUMÁRIO

O entulho de obra é considerado um problema ambiental importante principalmente porque estão se esgotando os aterros sanitários. Hoje ele vem sendo utilizado para muitas finalidades, tais como sub-bases de rodovias, produção de concretos e de argamassas, entre outras. No que se refere a argamassas, há alguns estudos que contemplam as de revestimento vertical; entretanto, não se encontrou estudos acerca do seu uso em argamassas para contrapisos, objeto do presente trabalho, cujo objetivo é verificar a viabilidade do seu uso para esse serviço.

No estudo realizado, trabalha-se com entulho selecionado a partir da moagem de blocos cerâmicos, de concreto e de argamassas. As argamassas estão sendo produzidas com dois consumos distintos de cimento/m³ de argamassa: 250 e 300 kg., sendo que para cada um dos quais serão utilizadas duas composições de entulho, além de uma de referência, que será composta apenas de cimento e areia, utilizada apenas para comparação dos resultados obtidos.

As propriedades das argamassas no estado endurecido a serem ensaiadas são: compressão simples e tração na flexão; enquanto as propriedades a serem avaliadas no contrapiso são: resistência ao impacto; resistência de aderência à base e superficial.

1- INTRODUÇÃO

1.1- Justificativa

As construções feitas com concreto armado no século XX têm um tempo médio de vida de mais ou menos 50 anos (LEVY, 1997). Quando decorre esse tempo, surge uma pergunta: o que fazer com essas estruturas e construções, optar pela manutenção ou pela demolição? Aí vem um fator muito importante que responde a essa pergunta, a questão econômica. Entretanto, se a opção mais econômica for a demolição, o volume de entulho será imenso e o principal problema será o que fazer com esse volume todo de entulho? Uma solução viável é a reciclagem.

Hoje, segundo LEVY (1997), dentre outros autores, o entulho é reciclado por muitos motivos, entre eles: preservar recursos minerais não renováveis; suprir a demanda de agregados em países desenvolvidos que convivem com o problema crônico de escassez de matérias primas; apresentar alternativas para indústrias de equipamentos para mineração e britagem, uma vez que a pressão exercida por ambientalistas tem

dificultado a exploração de recursos naturais; preservar os aterros sanitários e tentar baratear os custos das construções.

Como material reciclado, são várias as alternativas do uso do entulho de construção civil, podendo ser utilizado como base e sub-base de rodovias, artefatos de concreto, concretos e argamassas. Existem estudos realizados para a utilização do entulho de construção civil em concretos e argamassas de revestimento, mais não há estudos disponíveis acerca da utilização do entulho na composição de argamassas de contrapiso, tema do presente trabalho.

1.2- Objetivos

Visto que atualmente há um desconhecimento técnico acerca da utilização de entulho para a fabricação de argamassas utilizadas no contrapiso e que esta técnica pode contribuir para a redução de desperdícios gerados em uma obra, a presente pesquisa objetiva: Estudar as características de argamassas para contrapiso e o comportamento de contrapisos produzidos à base de cimento e agregado gerado de entulho da construção civil, comparando-se os resultados obtidos com os registrados para contrapisos convencionais, ou seja, produzido a partir de uma composição de cimento e areia.

2- METODOLOGIA

O trabalho teve início com a realização de uma pesquisa bibliográfica, para que se pudesse estabelecer o estado da arte sobre o assunto. Juntamente com essa primeira etapa, foram obtidos os materiais a serem utilizados na pesquisa, quais sejam, os blocos cerâmicos e de concreto, a areia, o cimento, a cal e também o equipamento para realizar a moagem dos materiais que iriam constituir o entulho.

Foi empregada areia quartzosa, proveniente de rio próximo da cidade de São Paulo, apresentando granulometria média (a curva granulométrica é apresentada no anexo 1). O cimento utilizado na pesquisa é do tipo CII-E-32, doado pela empresa Holdercim Cimentos. A cal utilizada na confecção da argamassa mista é a cal tipo CH-III do grupo Votoran, adquirida no mercado.

Na sequência da pesquisa, foram realizados os ensaios de caracterização dos materiais, os ensaios das argamassas no estado fresco e no estado endurecido, na forma de corpos de prova prismáticos, de dimensões 4x4x16 cm, e os ensaios de desempenho no contrapiso, sendo que todos eles são abordados no item 4, referente à pesquisa experimental.

3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1- O contrapiso no contexto geral do edifício

O contrapiso é uma das camadas do subsistema piso e apresenta diversas funções como: possibilitar o recebimento do revestimento do piso; transmitir as cargas de utilização à laje suporte; proporcionar os desníveis entre os ambientes contíguos e; permitir o eventual embutimento de instalações (BARROS, 1991).

Para cumprir essas funções, o contrapiso deve apresentar diversas características e propriedades, sendo que BARROS (1991) destaca a resistência mecânica, que pode ser dividida em resistência ao desgaste superficial por abrasão, resistência ao choque e ao punção e resistência à tração; resistência de aderência e capacidade de absorver deformações; condições superficiais como nivelamento, planeza e regularidade superficial, rugosidade, porosidade e limpeza superficiais compatíveis com os revestimentos que serão aplicados.

Os contrapisos podem ser classificados segundo o número de camadas de que são constituídos, tendo-se o contrapiso de camada única e aquele de múltiplas camadas. Além disso, podem ser classificados, ainda,

segundo a sua aderência ao substrato em aderido, não aderido e flutuante, sendo que esses diversos tipos de contrapisos devem ser produzidos com métodos construtivos distintos e adequados

No caso específico deste trabalho, enfoca-se tão somente os contrapisos produzidos em camada única e aderidos ao substrato, sendo que BARROS (1991) enfoca com profundidade cada um dos demais tipos de contrapiso.

Segundo BARROS (1991), as argamassas de contrapiso usualmente apresentam uma consistência semi-seca, com umidade variando entre 10 e 12%. Segundo essa autora, o teor de finos presentes nos agregados, passando na peneira #200 deve ser inferior a 7%. Este limite é proposto pela autora exatamente para evitar que se aumente o potencial de fissuração da argamassa. Com esses parâmetros é que se definiu as argamassas de contrapiso empregadas na pesquisa.

3.2- O entulho de construção civil

O entulho de construção civil pode se originar da demolição de obras ou durante a construção das mesmas. A sua composição é muito variada, dependendo da região onde é coletada a amostra e qual foi a finalidade da obra. É composto basicamente por uma fração mineral (argamassa, areia, material cerâmico, concreto) e por materiais deletérios (madeira, papel, plástico, metais, matéria orgânica, solo, barro, gesso, graxa dentre outros), segundo diversos autores como ZORDAN (2000), CAMARGO (1995), PINTO (1996) e LEVY(1995).

Um grande problema na captação do entulho em demolições é a sua heterogeneidade, dificultando muito a coleta. Segundo MIRANDA (2000), estão sendo desenvolvidas técnicas de desmantelamento seletivo, que corresponde à demolição da obra por etapas, para homogeneizar o material; entretanto, ainda apresentam elevado custo.

Segundo LEVY (1997) e ZORDAN (2000), dentre outros autores, o entulho pode ser utilizado para sub-bases de rodovias, blocos de concreto, guias de calçadas, concretos, argamassas, ou ainda para outras finalidades.

Para a utilização do entulho como agregado, primeiramente é feita uma seleção do entulho para a retirada dos materiais deletérios e, então, o entulho deve ser britado ou moído, dependendo da finalidade do seu uso.

LEVY (1997) salienta que os grãos dos agregados do entulho, quando britados ou moídos, ficam mais porosos, devido à argamassa aderida aos grãos do agregado original. Além disso, destaca que a granulometria do agregado reciclado é variada e a forma do agregado é mais angular que dos agregados naturais, sendo que o agregado de material cerâmico apresenta a forma mais angular. Essa característica do agregado irá influenciar profundamente nas propriedades da argamassa com ele produzida e, por consequência, nas características e propriedades do produto final, no caso específico, o contrapiso.

4- PESQUISA EXPERIMENTAL

A pesquisa experimental consistiu no preparo do agregado de entulho de obra, assim como, na caracterização dos materiais, ensaios na argamassa no estado fresco, endurecido e ensaio de desempenho do contrapiso, sendo que todas essas atividades serão aqui sumarizadas, apresentando-se os principais resultados obtidos.

4.1- Preparo dos agregados de entulho

Para o preparo dos agregados de entulho, foi utilizado um moedor da marca MAQBRIT 40x20. Foram moídos cerca de 200 kg de blocos de concreto, 200 kg de blocos cerâmicos e 340 kg de argamassa mista (cimento e cal). Estes materiais estão ilustrados nas figuras 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3.



Figura 4.1.1 – Blocos cerâmicos moídos.



Figura 4.1.2 – Blocos de concreto moídos.



Figura 4.1.3 – Argamassa moída.

Com os entulhos básicos foram preparados entulhos compostos que estão especificados na tabela 4.1.1. Essa proporção foi adotada tomando-se como referência a quantidade de materiais provenientes da demolição de dois tipos de paredes: demolição de uma parede constituída por blocos de concreto e argamassa, resultando o entulho ABO e; demolição de uma parede constituída por blocos cerâmicos e argamassa, resultando o entulho ABC.

Tabela 4.1.1 – Composição dos entulhos compostos.

	Material Cerâmico (%)	Material de Concreto (%)	Argamassa (%)
ABC	55	0	45
ABO	0	55	45

Com os entulhos compostos preparados, foram definidas as argamassas para o contrapiso, apresentadas na tabela 4.1.2. Argamassas com a sigla REF são argamassas de referência, preparadas somente com cimento e areia. Argamassas com a sigla ABO utilizam o entulho ABO (produzidos com blocos de concreto) em sua composição, enquanto que argamassas com a sigla ABC utilizam o entulho ABC (produzidos com blocos cerâmicos) em sua composição.

Tabela 4.1.2 – Composição das argamassas para contrapiso com entulho de obra.

TIPO DA ARGAMASSA	PORCENTAGEM DOS MATERIAIS CONSTITUINTES				
	Areia	Argamassa	B. Concreto	B. Cerâmico	Traço (¹)
REF4	100%	-	-	-	1:4
ABO4	50%	22,5%	27,5%	-	1:4
ABC4	50%	22,5%	-	27,5%	1:4
REF6	100%	-	-	-	1:6
ABO6	50%	22,5%	27,5%	-	1:6
ABC6	50%	22,5%	-	27,5%	1:6

(¹) – Traços em volume de materiais secos (cimento:agregado).

4.2- Caracterização dos materiais

Os agregados foram caracterizados conforme normas brasileiras, da ABNT. Os ensaios realizados foram: massa unitária (ABNT, 1982); granulometria (ABNT, 1982); absorção de água (ABNT, 1997); inchamento (ABNT, 1954); impurezas orgânicas (ABNT, 1982) e teor de materiais pulverulentos (ABNT, 1982), sendo que a média dos resultados obtidos estão apresentados na tabela 4.2.1.

Tabela 4.2.1- Valores médios dos resultados dos ensaios de caracterização dos materiais granulares.

AGREGADO	Massa unitária (kg/dm³)	Absorção de água (%)	Teor de materiais pulverulentos (%)	Impurezas orgânicas
Areia	1,45	0,48	0,89	NORMAL
Blocos de concreto	1,17	NR	6,87	NORMAL
Blocos cerâmicos	1,38	NR	14,55	NORMAL
Argamassa	1,17	NR	11,70	NORMAL
AABO	1,47	3,33	NR	NR
AABC	1,41	5,30	NR	NR

NR significa não realizado.

Os resultados dos ensaios de inchamento e granulometria dos agregados estão apresentados em forma gráfica, no anexo 1.

O cimento foi caracterizado pela sua massa unitária, que corresponde a um valor de 1,097 kg/dm³. Os demais ensaios no cimento, como a finura e a massa específica, não foram realizados, por essa não ser uma variável do trabalho, além do fato do cimento ser um produto industrial, devidamente caracterizado na indústria e com características muito constantes.

4.3- Ensaios no estado fresco

Os ensaios no estado fresco foram realizados segundo normas brasileiras, da ABNT. Os ensaios realizados foram: consistência (ABNT, 1979); densidade de massa aparente (ABNT, 1995) e umidade das argamassas, segundo um método utilizado no próprio Centro de Pesquisas em que o trabalho foi realizado.

O procedimento adotado para o preparo das argamassas contendo entulho consistiu em, primeiramente, adicionar a água de amassamento e os agregados em uma argamassadeira planetária de 20 litros, ilustrada na figura 4.3.1, misturando por 1 minuto em velocidade baixa e deixando-se descansar por mais 10 minutos. O tempo de descanso de 10 minutos foi necessário tendo em vista a absorção do agregado. Com esse procedimento, garante-se que cerca de 95% da água de absorção deverá ser absorvida pelo agregado, sendo o restante da água utilizada para a hidratação do cimento.



Figura 4.3.1 – Foto ilustrativa do misturador mecânico utilizado na pesquisa.

Para as argamassas no estado fresco, realizou-se o ensaio de consistência, que foi fixado tomando-se como referência o trabalho de GODOY (2000) que fixa a consistência de argamassas de contrapiso em 180 ± 10 mm, sendo que os resultados médios obtidos estão apresentados na tabela 4.3.1.

Destaca-se que os valores da relação água/cimento corrigidos (a/c corrigida) referem-se ao resultado da subtração dos valores da absorção dos agregados (apresentados na tabela 4.2.1), dos valores da relação água cimento (a/c) adicionada na argamassa.

Tabela 4.3.1- Resultados do ensaio de consistência nas argamassas para o contrapiso.

	Traço (¹)	Umidade (%)	Consistência (mm)	a/c	a/c corrigida
REF4	1:5,269	12,63	180 ± 2	0,792	0,766
ABO4	1:5,346	12,95	179 ± 4	0,820	0,643
ABC4	1:5,149	15,40	182 ± 1	0,947	0,674
REF6	1:7,903	13,95	181 ± 2	1,246	1,208
ABO6	1:8,018	13,74	181 ± 4	1,239	0,972
ABC6	1:7,723	15,95	179 ± 2	1,391	0,982

(¹) Traços em massa para cimento:agregados totais.

4.4- Ensaio no estado endurecido

Os ensaios que foram realizados no estado endurecido são os ensaios de flexão e compressão. O ensaio de flexão foi realizado na forma de corpos de prova (cp) prismáticos, de dimensões 4x4x16 cm, segundo procedimento prescrito pela norma da AFNOR (1990), enquanto o ensaio de compressão simples foi realizado em uma das metades do corpo de prova rompido no ensaio de tração, efetuado em uma área de 4x4 cm, segundo norma da ABNT (1979).

Para a realização dos ensaios, que são feitos aos 7 e aos 28 dias, são preparados 6 corpos de prova para cada condição de argamassa, totalizando 72 corpos de prova prismáticos.

Para a confecção dos corpos de prova, prepara-se a argamassa e aplica-se em duas camadas, sendo que para cada camada o molde é colocado em um compactador, ilustrado na figura 4.4.1, que aplica 60 golpes em 60 segundos. Na sequência, rasa-se o molde, colocando-se, em seguida, um vidro sobre o mesmo, para que o corpo de prova não perca água para o ambiente.



Figura 3.4.1 – Foto ilustrativa do compactador mecânico.

A desmoldagem dos corpos de prova foi feita 3 dias após a moldagem, tomando-se o cuidado para que não fossem danificados durante essa operação. Esses corpos de prova foram armazenados em local com temperatura e umidade controladas. A figura 4.4.2 ilustra a foto da máquina para o ensaio de tração e compressão dos corpos de prova prismáticos.



Figura 3.4.2 – Foto ilustrativa da prensa universal empregada nos ensaios de resistência à compressão e à tração (capacidade nominal 10 t.).

A figura 4.4.1 apresenta os resultados das resistências à compressão das argamassas, enquanto a figura 4.4.2 apresenta os resultados de tração na flexão.

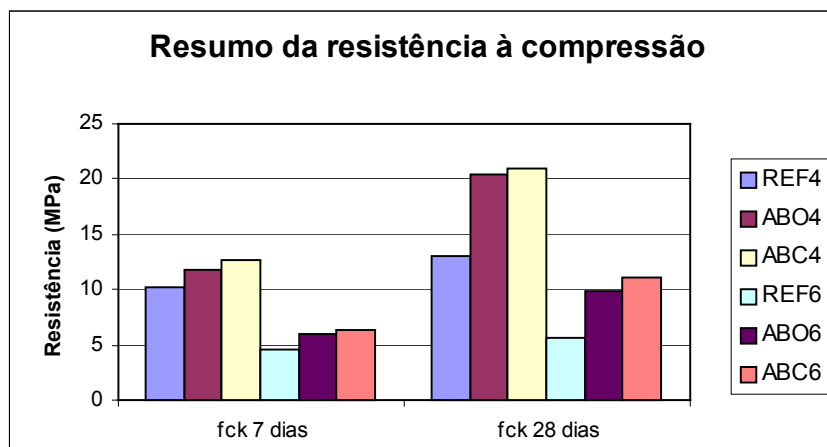


Figura 4.4.1 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão (MPa).

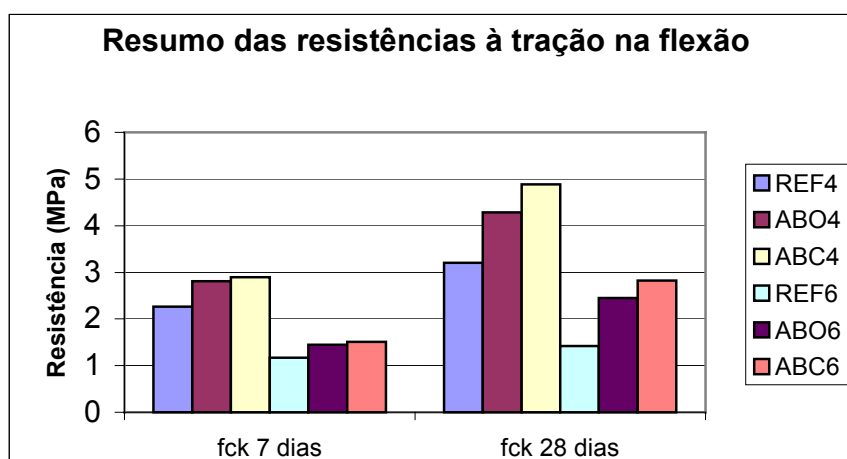


Figura 4.4.2 – Resultados dos ensaios de resistência à tração na flexão (MPa).

3.5- Ensaio no contrapiso

Os principais ensaios que estão sendo realizados no contrapiso são os de resistência de aderência superficial e à base, segundo norma da ABNT (1995), e compactidade, segundo método que foi utilizado por BARROS (1991).

Estes ensaios estão sendo realizados em placas de contrapiso com dimensões de 50x50x2 cm, moldadas sobre um “substrato padrão” (definido para os ensaios de argamassas colantes), ou seja, uma placa de concreto armado com espessura de 15 a 20 mm, com absorção superficial previamente definida, simulando-se, com isso, uma laje de concreto produzida em um edifício.

Para a moldagem das placas de contrapisos, a argamassa é preparada conforme item 4.3 relativo aos ensaios no estado fresco. Na sequência, a argamassa é lançada sobre a placa de substrato limitada por meio de um gabarito metálico de dimensões 50x50x2 cm, aplicada em uma só camada, e compactada com um soquete de madeira com peso de aproximadamente 1 kg, e base com dimensões de 10x10 cm, simulando a condição de obra. O contrapiso é então sarrafeado (rasado) com uma régua metálica, e, na sequência, desempenado com uma desempenadeira de madeira; na sequência, é passada uma desempenadeira metálica, para deixar a superfície lisa. Retira-se o gabarito e deixa-se o corpo de prova armazenado, em temperatura e umidade ambiente controladas, por 28 dias, para então serem realizados os ensaios de aderência e compactidade.

As médias dos resultados dos ensaios de aderência à base e de aderência superficial, realizados até o presente momento da pesquisa, estão apresentados na tabela 4.5.1.

Tabela 4.5.1 – Resultados dos ensaios de aderência à base e de aderência superficial em contrapisos.

Tipo	Aderência à base (MPa)	Desvio (MPa)	Aderência Superficial (MPa)	Desvio (MPa)
REF4	0,861	0,08	0,316	0,05
REF6	0,260	0,02	0,453	0,05
ABO4	0,627	0,08	0,907	0,23
ABO6	0,290	0,06	0,484	0,04

4- PRINCIPAIS CONSTATAÇÕES

Ainda que a pesquisa não esteja completamente concluída, com os resultados e a experiência acumulada até o presente momento, pode-se registrar algumas constatações e tecer algumas considerações a respeito da utilização de entulho de obra na confecção de argamassas para o contrapiso.

A primeira constatação refere-se à água de amassamento utilizada no preparo das argamassas. No caso das argamassas que contém entulho, em especial as que contém materiais cerâmicos, o teor a ser empregado é sempre superior ao teor utilizado em argamassas contendo apenas areia.

Uma outra constatação refere-se às resistências à tração e à compressão de argamassas contendo entulho serem superiores às de referência. Acredita-se que isto ocorra por que a relação água/cimento corrigida é, de fato, menor, e ainda, por haver ainda cimento não hidratado nas argamassas com entulho. O cimento que não estava hidratado provavelmente foi exposto quando a argamassa foi moída, sendo utilizado para hidratação nas argamassas para o contrapiso. Além disso, há uma distribuição granulométrica melhor, em função das características do agregado, o que contribui para a maior compactidade da argamassa e, por consequência, para a sua maior resistência mecânica.

Assim, de uma maneira geral, o que se espera da utilização de entulho de construção civil na confecção de contrapisos é uma maior resistência mecânica com o emprego de menores proporções de aglomerante, e por consequência, menores custos de produção.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, MERCIA M.S.B. *Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais*. São Paulo, 1991. 265p. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ZORDAN, SÉRGIO E. *Entulho da indústria da construção civil*. Página da web: http://www.reciclagem.pcc.usp.br/entulho_ind_ccil.htm. São Paulo, 2000.

CAMARGO, A. *Minas de Entulho*. **Techne**. v. 3, n. 15, p.15-19, mar./abr. 1995.

PINTO, TARCÍSIO P. Reciclagem de resíduos da construção urbana no Brasil. Situação atual. In: *RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL*. São Paulo, 1996. **Anais**. Departamento de Engenharia Civil, PCC-USP. São Paulo, 1996. p.159-170.

LEVY, SALOMON M. *Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos*. São Paulo, 1997. Dissertação (mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MIRANDA, LEONARDO F. R. *Estudo de fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado*. São Paulo, 2000. Qualificação (mestrado), Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7251 Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária*. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7217 Determinação da composição dos agregados*. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9777 Agregados – Determinação da absorção da água em agregados miúdos*. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6467 Determinação do inchamento de agregados miúdos para concreto*. Rio de Janeiro, 1954.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7220 Avaliação das impurezas orgânicas das areias para concreto*. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7219 Determinação do teor de materiais pulverulentos nos agregados*. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7215 Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão*. Rio de Janeiro, 1979.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13278 Argamassa para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos – determinação da densidade de massa e do teor de ar aprisionado*. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALIZATION. *Méthodéssais de ciments: Détermination des résistances mécaniques* – NF EM 196. Paris, 1990. Part 1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13528 Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Determinação da resistência de aderência à tração. Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 1995.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais para a empresa Pires & Giovanetti Guardia que cedeu a máquina para moer o entulho, à Holdercim pela doação do cimento, à FAPESP – Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de

São Paulo, por ter cedido a bolsa de iniciação científica, e ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP - PCC-USP, cujas instalações foram utilizadas para o desenvolvimento do trabalho.

ANEXO 1 – RESULTADO DOS ENSAIOS DE GRANULOMETRIA E INCHAMENTO DOS AGREGADOS.

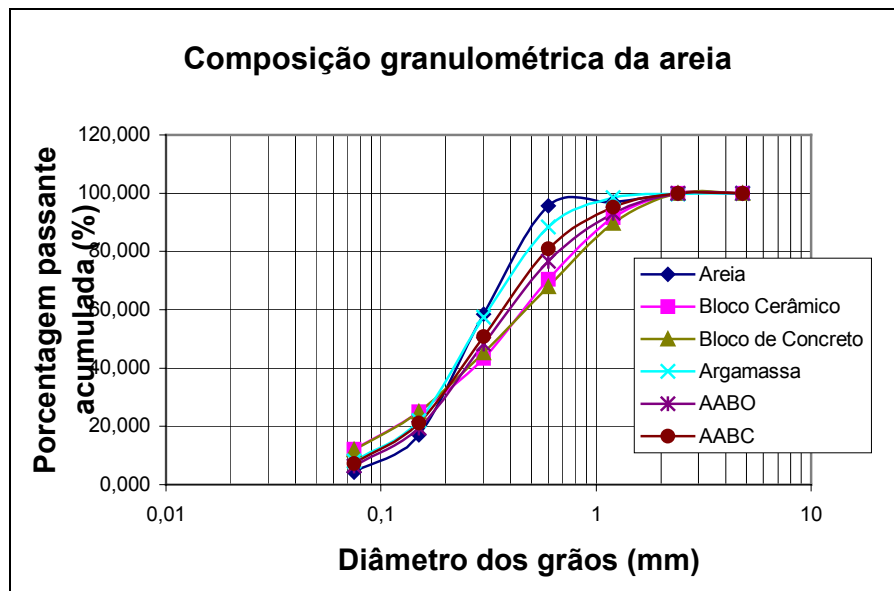


Gráfico 1- Curva granulométrica dos agregados.

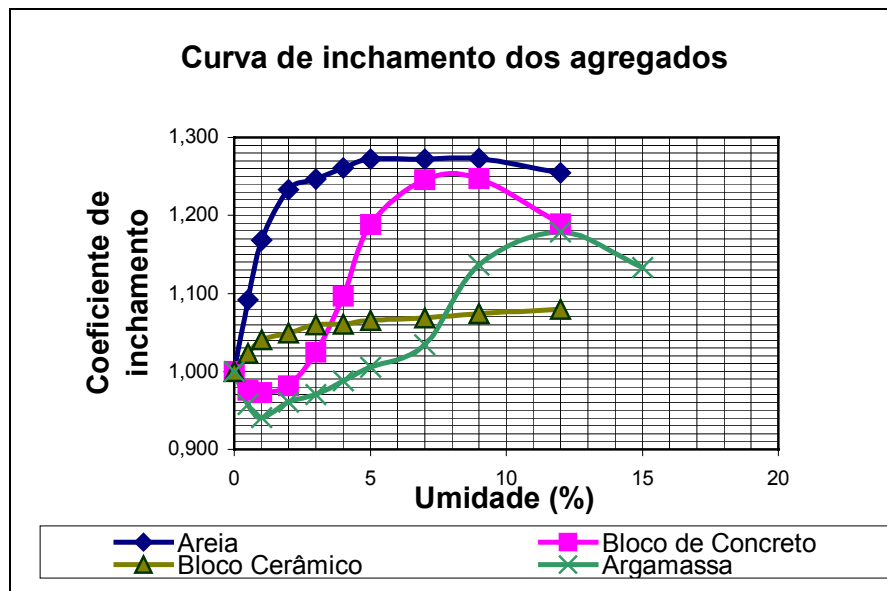


Gráfico 2 – Curva de inchamento dos agregados.