

## **ANÁLISE DA RETENÇÃO DE ÁGUA EM ARGAMASSAS COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE FUNDIÇÃO**

COELHO, Adenilson R. (1); PEREIRA, Helena R. S. (2); FAGANELLO, Luciana (3);  
VALENTINA, Luiz V. de O. D.(4)

(1) Graduando em Engenharia Civil na Católica de Santa Catarina

(2) Doutoranda em Ciência e Engenharia dos Materiais na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e professora Mestre do curso de Engenharia Civil da Católica de Santa Catarina

(3) Professora Mestre do Curso de Engenharia Civil da Católica de Santa Catarina

(4) Professor Doutor da Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)  
E-mail: helena.ravache@hotmail.com

### **RESUMO**

*Experiências de sucesso no desenvolvimento de produtos com incorporação de resíduos para construção civil estão sendo impulsionadas pela legislação ambiental que visa reduzir a eliminação direta dos resíduos em aterros. Este trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade da incorporação de resíduos de fundição em argamassas em relação à propriedade retenção de água. Foram produzidas vinte misturas de três componentes, onde as argamassas serão preparadas usando aglomerantes (20% a 30% em massa), areia (65% a 75% em massa) e resíduo de fundição (5% a 15% em massa). As faixas de proporções para cada componente foram definidas visando à utilização da argamassa em revestimento de parede e tetos e assentamento de alvenaria. Os valores encontrados para a retenção de água mostram que a incorporação do resíduo é viável em relação a esta propriedade.*

**Palavras-Chave:** Argamassas, resíduos de fundição, retenção de água.

### **1 INTRODUÇÃO**

O setor industrial não preocupou-se com a minimização de resíduos gerados durante muitos anos de suas atividades. No entanto, com o surgimento de políticas nacionais direcionadas à conservação do meio ambiente, passa há existir a conscientização, uma vez que a reciclagem de resíduos para geração de novos produtos é uma alternativa correta, pois o desenvolvimento sustentável requer uma redução quanto ao consumo de matérias-primas não renováveis. A indústria metalúrgica é uma grande consumidora de matérias-primas e geradora de resíduos.

Sendo assim, este trabalho estuda a utilização do resíduo de fundição em materiais de construção civil, com especial aplicação na argamassa de revestimento e assentamento, uma vez que o retorno destes resíduos a cadeia produtiva é extremamente importante.

O pó de exaustão é um material fino originado no processo de fabricação dos moldes de areia das peças metálicas. Segundo Rocha e John (2003)<sup>14</sup>, a importância do aproveitamento de resíduos na construção civil, deve-se basicamente a possibilidade do desenvolvimento de materiais com baixo custo a partir de resíduos industriais disponíveis, causando impacto mínimo na cadeia produtiva.

A argamassa é um material muito empregado em meio à construção civil, sendo utilizado principalmente no assentamento de alvenaria e revestimento de paredes e tetos. A substituição parcial do agregado miúdo pelo resíduo pó de exaustão de fundição é conveniente economicamente e ambientalmente, porém, suas propriedades devem ser corretamente avaliadas.

A retenção de água é uma propriedade que está associada à capacidade da argamassa fresca manter a sua trabalhabilidade quando sujeita a solicitações na qual provocam perda de água de amassamento, seja por evaporação ou absorção de água da base (CARASEK, 2007)<sup>6</sup>.

Esta propriedade tem influência direta na aderência, uma vez que, se a argamassa perder água muito rapidamente para o bloco abaixo da junta poderá ficar sem água para garantir a adequada ligação da argamassa com o bloco superior.

Dentro deste contexto, este estudo contribui para o conhecimento e divulgação de propriedades técnicas de novos produtos com incorporação de resíduos gerados na região já que o desenvolvimento sustentável requer uma redução do consumo de matérias-primas não renováveis.

Os estudos de concretos e argamassas sustentáveis incluem aqueles que dispõem-se a consumir rejeitos industriais. Os rejeitos da indústria metalúrgica podem ser incorporados em materiais cimentícios de forma geral. Kraus et al (2009)<sup>9</sup>

apresentam resultados experimentais sobre o uso de pó de fundição contendo sílica em concreto. Foram observados mudanças na cor do concreto e também na sua viscosidade. A incorporação de pó de fundição produz um concreto mais econômico.

Monosi, Sani e Tittarelli (2010)<sup>11</sup> investigam o efeito da substituição parcial do agregado por areia de fundição em concretos e argamassas. Observaram que a trabalhabilidade das argamassas não foi alterada quando a substituição for de até 10%. Em dosagens maiores, faz-se necessária a adição de plastificantes para obtenção da mesma trabalhabilidade. Também, foi observado que ocorreu a diminuição da resistência mecânica em torno de 20% a 30%.

Guney et al (2010)<sup>8</sup> investigam a utilização da areia de fundição em substituição parcial da areia natural fina nas proporções de 0%, 5%, 10% e 15% em concreto. Observou-se que o concreto contendo até 10% de areia de fundição apresentou resultados de resistência à compressão, tração e módulo de elasticidade semelhante ao concreto sem areia de fundição.

Santos (2011)<sup>15</sup> relata o uso do pó de exaustão de fundição em substituição parcial a areia natural no concreto convencional. A resistência mecânica de compressão do concreto com a substituição de 15% do agregado miúdo pelo pó de exaustão ficou próxima dos valores encontrados sem a utilização do mesmo. Analisando os resultados através da análise de experimentos, verificou-se que é viável a substituição do pó de exaustão nas proporções em até 15%.

Pereira et al (2011)<sup>12</sup> analisam a retenção de água em argamassas para revestimento de tetos e paredes através do uso de delineamento de misturas. A superfície de resposta gerada mostrou que a capacidade de retenção de água das argamassas pode ser classificada como normal e alta. Em relação à retenção de água, a incorporação do resíduo pó de exaustão de fundição nas proporções estudadas de 5%, 10% e 15% são viáveis nestes tipos de argamassas.

Pereira et al (2013)<sup>13</sup> analisam a resistência a compressão em argamassas para revestimento de teto e paredes com pó de exaustão de fundição. A designação das argamassas conforme a classificação da resistência à compressão é P3, P4, P5

e P6. As argamassas com tendência de maior resistência à compressão aos 28 dias estão dosadas com uma quantidade maior de cal e cimento em relação à quantidade de areia e resíduo. Sendo assim, a incorporação do resíduo pó de exaustão de fundição nas proporções estudadas de 5%, 10% e 15% são viáveis nestes tipos de argamassas.

Singh e Siddique (2012)<sup>16</sup> descrevem os efeitos da utilização da areia de fundição em substituição parcial ao agregado miúdo sobre a resistência e permeabilidade do concreto. Foram feitas substituições em peso de 0%, 5%, 10%, 15% e 20%, verificado desta forma o aumento da resistência e permeabilidade da argamassa.

O foco central deste artigo é a análise da retenção de água nas argamassas utilizadas na construção civil para assentamento e revestimento de tetos e paredes com a incorporação do pó de exaustão de fundição, cuja utilização resulte em um produto com desempenho técnico adequado.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 AGLOMERANTES**

Para a produção da argamassa, utilizaram-se o cimento Portland composto (CPII-F32) e a cal hidratada (Cal-CH<sub>3</sub>). O cimento utilizado CPII-F32 combina com bons resultados, tais como o aumento da resistência e o baixo calor de hidratação, servindo para diversas aplicações na construção civil, neste caso, no preparo de argamassas para assentamento ou revestimento de tetos e paredes.

A cal hidratada CH<sub>3</sub> é produzida através do processo de calcinação da pedra calcária dolomítica. Encontra-se em sua composição, hidróxidos e óxidos de cálcio e magnésio, proporcionando uma ótima plasticidade às argamassas, propriedade importante para a utilização (PEREIRA et al, 2013)<sup>13</sup>.

### **2.2 AGREGADO MIÚDO E PÓ DE EXAUSTÃO**

O agregado é comercializado no mercado em sacos de 20 Kg como areia comum e areia fina. Segundo Coelho (2013)<sup>17</sup>, o agregado miúdo utilizado para a

produção da argamassa é caracterizado com relação à granulometria, massa específica real e o teor de material pulverulento segundo as normas técnicas NBR 248 (2003)<sup>3</sup>, NBR NM 52 (2009)<sup>4</sup> e NBR 46 (2003)<sup>5</sup>.

O pó de exaustão utilizado é um resíduo proveniente da indústria metalurgia denominada Fundição Tupy – S.A, situada na cidade de Joinville em Santa Catarina (PEREIRA et al, 2011)<sup>12</sup>.

### **2.3.1 Propriedades dos agregados**

Os materiais utilizados em argamassas de revestimento e assentamento têm suas propriedades diferenciadas, assim como outros materiais. Tais propriedades são: a massa específica; teor de material pulverulento e a granulometria.

De acordo com Coelho (2013)<sup>7</sup>, a massa específica real média para a areia comum é de 2,62 g/cm<sup>3</sup>, já para a areia fina tem o valor de 2,63 g/cm<sup>3</sup>, sendo estes valores considerados normais para os agregados brasileiros. O teor de material pulverulento é de 3,50% para a areia comum e de 0,75% para a areia fina, no qual, segundo Coelho (2013)<sup>7</sup> é considerável, conforme especificações para a produção de argamassas.

O agregado miúdo utilizado na produção das argamassas pode ser classificado como uma areia fina e areia muito fina, com diâmetro máximo característico de 2,36mm e módulo de finura de 2,32 para a areia fina e diâmetro máximo característico de 0,3mm e módulo de finura de 0,92, para a areia muito fina (PEREIRA et al, 2013)<sup>13</sup>.

### **2.3.2 Distribuição granulométrica do pó de exaustão de fundição**

Segundo Santos (2011)<sup>15</sup>, os materiais pulverulentos quando presentes em grande quantidade na argamassa aumentam a exigência de água para a obtenção da mesma consistência. Conforme Pereira et al (2013)<sup>13</sup>, o pó de exaustão apresenta grande quantidade de material muito fino, necessitando desta maneira, de maior quantidade de água para homogeneização.

A tabela (1) a seguir, apresenta a distribuição granulométrica do pó de exaustão de fundição utilizado para a produção das argamassas com areia comum e areia fina:

Tabela 1 – Distribuição de tamanho de partículas do pó de exaustão (Santos, 2011)

Distribuição do tamanho das partículas	Tamanho ( $\mu\text{m}$ )
10% abaixo de	4,89
50% abaixo de	37,45
90% abaixo de	88,19
100% abaixo de	180,00

## 2.4 MISTURA E PREPARO DAS ARGAMASSAS

Fixaram-se valores máximos e mínimos para a quantidade dos materiais constituintes das argamassas conforme dados apresentados na tabela (2) abaixo. A porcentagem utilizada de areia é igual nas argamassas compostas com areia comum e areia fina. Estes valores basearam-se em traços pré-fixados utilizados em argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos (PEREIRA et al, 2013)<sup>13</sup>.

Tabela 2 – Composição das argamassas em massa (Pereira et al, 2013)

Mistura	Aglomerante (%)	Areia (%)	Resíduo (%)
1	30,00	65,00	05,00
2	20,00	75,00	05,00
3	20,00	65,00	15,00
4	25,00	70,00	05,00
5	25,00	65,00	10,00
6	20,00	70,00	10,00
7	23,33	68,33	08,33
8	26,67	66,67	06,67
9	21,67	71,67	06,67
10	21,67	66,67	11,67

Para o preparo e mistura das argamassas seguiram-se os procedimentos descritos na NBR 13276 (2005<sup>1</sup>). O índice de consistência das argamassas é de  $255 \pm 10\text{mm}$ , conforme procedimentos de consistência descritos na NBR 13276 (2005)<sup>1</sup>.

Desta maneira, considera-se valor de água igual a 700 ml para as dez misturas com areia comum e 800 ml para as dez misturas com areia fina. As figuras a seguir apresentam o preparo e homogeneização dos materiais, figura (1); a

pesagem do funil com o filtro, figura (2); a pesagem do funil com a argamassa umidificada, figura (3); e a retenção da água no Funil de Buchner, figura (4).



Figura 1 – Preparo das argamassas



Figura 2 – Pesagem do filtro

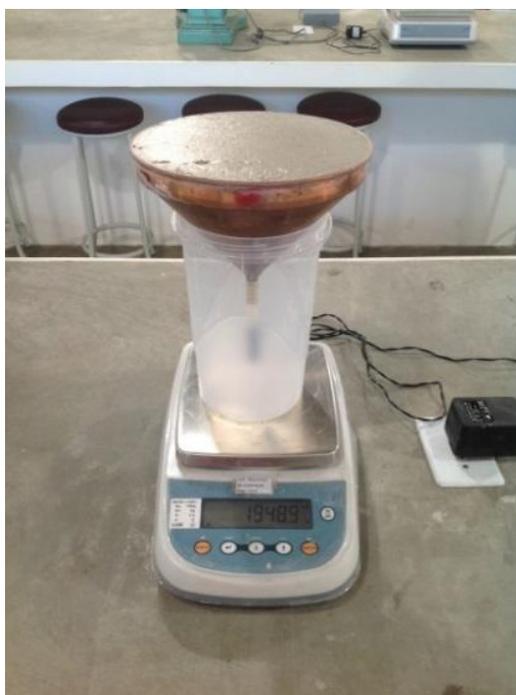


Figura 3 – Pesagem da argamassa  
**2.5 RETENÇÃO DE ÁGUA EM AGAMASSAS**

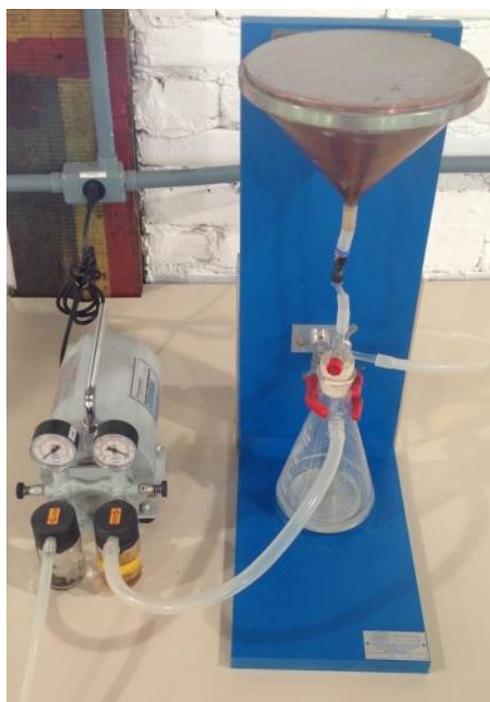


Figura 4 – Funil de Buchner

Para calcular a retenção de água na argamassa utilizaram-se as seguintes equações:

$$R_e = \left[ 1 - \frac{(m_a - m_s)}{AF(m_a - m_v)} \right] \cdot 100 \quad (A)$$

$$AF = \frac{m_w}{m + m_v} \quad (B)$$

Onde:

$R_e$  → é a retenção de água da argamassa;

$m_a$  → é a massa do conjunto com argamassa, em gramas;

$m_s$  → é a massa do conjunto após a sucção, em gramas;

$m_v$  → é a massa do conjunto vazio, em gramas;

$AF$  → é o fator água/argamassa fresca;

$m_w$  → é a massa total de água acrescentada à mistura, em gramas;

$m$  → é a massa de argamassa industrializada ou a soma das massas dos componentes anidros, no caso de argamassa de obra, em gramas.

De acordo com a NBR 13277(2005), os resultados da retenção devem estar expressos em porcentagem (%).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 RETENÇÃO DE ÁGUA DAS ARGAMASSAS

De acordo com (ASTM C-270, 1987 apud Mohamad et al, 2009)<sup>10</sup>, as argamassas de assentamento e revestimento devem ter retenção de água igual ou superior a 75 %.

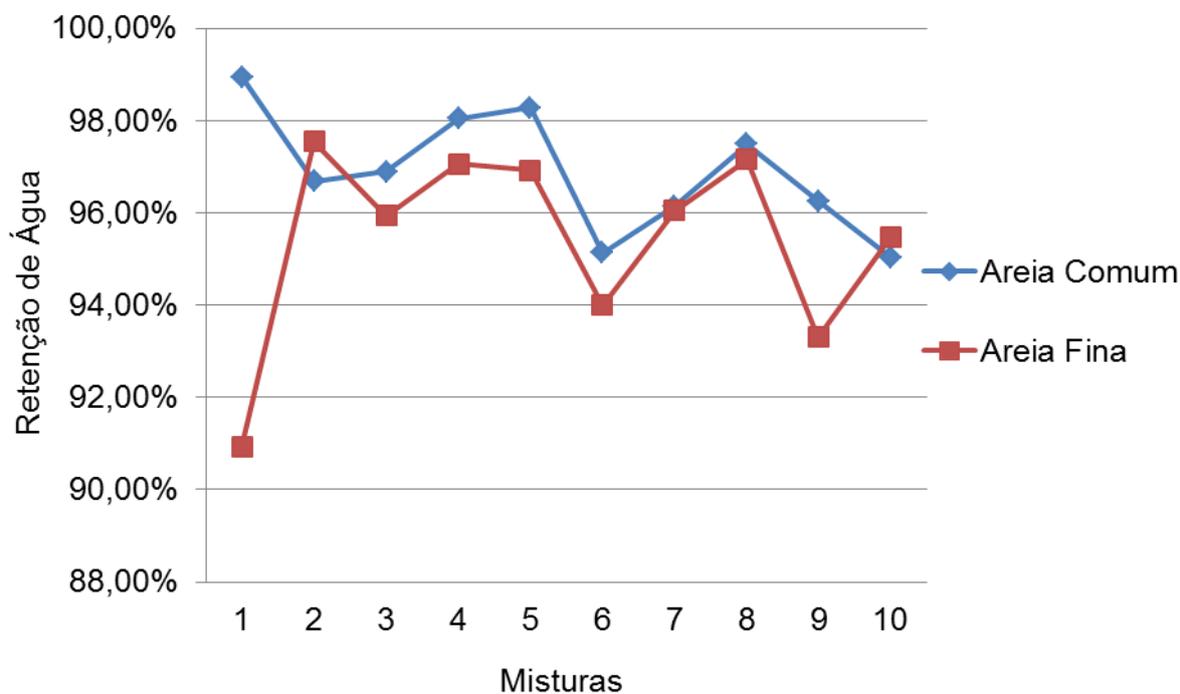
Desta maneira, as argamassas produzidas com os agregados caracterizados como areia comum e areia fina e a incorporação do resíduo de fundição estão de acordo com o valor estabelecido, conforme apresentado na tabela (3) a seguir, obtidos através das equações (A) e (B).

Tabela 3 – Análise da retenção da argamassa produzida com areia comum e fina

Mistura	Aglomerante (%)	Areia (%)	Resíduo (%)	Agregado comum (%)	Agregado fino (%)
1	30,00	65,00	05,00	98,944 ± 0,123	90,933 ± 5,329
2	20,00	75,00	05,00	96,682 ± 0,065	97,542 ± 0,717
3	20,00	65,00	15,00	96,890 ± 0,600	95,941 ± 1,138
4	25,00	70,00	05,00	98,041 ± 0,470	97,060 ± 0,564
5	25,00	65,00	10,00	98,285 ± 0,290	96,915 ± 0,813
6	20,00	70,00	10,00	95,131 ± 1,389	93,989 ± 0,496
7	23,33	68,33	08,33	96,139 ± 0,261	96,051 ± 0,245
8	26,67	66,67	06,67	97,489 ± 0,507	97,162 ± 0,357
9	21,67	71,67	06,67	96,254 ± 0,767	93,307 ± 2,920
10	21,67	66,67	11,67	95,034 ± 0,307	95,466 ± 0,497

A figura (5) abaixo apresenta a variação de retenção de água para cada agregado utilizado na produção da argamassa.

Figura 5 – Análise da retenção de água das argamassas



## 4 CONCLUSÕES

Em relação à retenção de água obteve-se a média de 96,89% para argamassa com areia comum e 95,44% para argamassa com areia fina. Com base nos resultados obtidos, classificam-se as argamassas como normais em relação à retenção de água.

Também foi observado que as argamassas com tendência maior de retenção de água estão dosadas com quantidades maiores de aglomerantes. Pode-se atribuir esta tendência ao fato de que a incorporação de cal hidratada faz com que a argamassa tenha mais plasticidade e retenção de água.

Sendo assim, considera-se viável à incorporação do resíduo pó de exaustão de fundição em argamassas de revestimento e assentamento nas proporções estudadas em relação à propriedade retenção de água.

## REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro, 2005.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água.** Rio de Janeiro, 2005.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2009.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 46: Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem.** Rio de Janeiro: ABNT, 2001.
- [6] CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais.** São Paulo: Arte Interativa, 2007. Cap. 26, p. 863-904.

- [7] COELHO, Adenilson R.; PEREIRA, Helena R.S. Caracterização de argamassas com pó de exaustão de fundição. In: 13º Congresso de Iniciação Científica do Centro Universitário Católica de Santa Catarina, Jaraguá do Sul – SC, 2013. **Anais**. 2013.
- [8] GUNNEY, Y.; SARI, Y. D.; YALCIN, M.; TUNCAN, A.; DONMEZ, S. **Re-usage of waste foundry sand in high-strength concrete**. Waste Management, n. 30, p.1705-1713, 2010.
- [9] KRAUS, R.N.; NAIK, T.R.; RAMME, B.W.; KUMAR R. **Use of foundry silica-dust in manufacturing economical self-consolidating concrete**. Construction And Building Materials, n. 23, p.3439-3442, 2009.
- [10] MOHAMAD, G.; SANTOS NETO, A.B.S.; PELISSER, F.; LOURENÇO, P.B.; ROMAN, H.R. Caracterização mecânica das argamassas de assentamento para alvenaria estrutural – previsão e modo de ruptura. **Revista Matéria**. v. 14, n.2, p. 824 – 844, 2009.
- [11] MONOSI, S.; SANI, D.; TITTARELLI, F. **Used Foundry Sand in Cement Mortars and Concrete Production**. The Open Waste Management Journal, n. 3, p. 18-25, 2010.
- [12] PEREIRA, H. R. S.; VALENTINA, L. V. O. D.; SANTOS, C. C. e WARSCH, P. Uso de Delineamento de Misturas para Análise da Retenção de Água em Argamassas com Pó de Exaustão de Fundição. In: 53º Congresso Brasileiro de Concreto, Florianópolis-SC, 2011. **Anais**. Ref.0027, 2011.
- [13] PEREIRA, H. R. S.; VALENTINA, L. V. O. D.; COELHO, A. R.; WARSCH, P.; MORETTO, C. Uso de delineamento de misturas para modelagem da resistência à compressão em argamassas com pó de exaustão de fundição. In: 55º Congresso Brasileiro de Concreto, Gramado - RS, 2013. **Anais**. 55CBC0178, 2013.
- [14] ROCHA, J. C.; JOHN, V. M. **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional**. Porto Alegre: Coletânea Habitare, 2003. v.4.
- [15] SANTOS, C. C. D. **Análise do Uso do Pó de Exaustão Proveniente do Sistema de Regeneração de Areia de Macharia em Concreto Convencional**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - UDESC, Joinville, 2011.
- [16] SINGH, G.; SIDDIQUE, R. **Abrasion resistance and strength properties of concrete containing waste**. Construction And Building Materials, n. 28, p.421-426, 2012.

## **ANALYSIS OF WATER RETENTION IN MORTAR WITH INCORPORATION OF WASTE FOUNDRY**

### **ABSTRACT**

*Experiences of successful* in the development of products incorporating waste for construction are being driven by environmental legislation that aims to reduce the direct disposal of waste in landfills. This work aims to study the feasibility of incorporating waste foundry in mortars in relation to water retention property. Twenty three component mixtures, where the mortar will be prepared using binder (20% to 30 mass%), sand (65% to 75% by weight) and foundry residue (5% to 15% by weight) were produced. The ranges of proportions for each component were defined aiming to use the mortar in wall coverings and ceilings and laying of masonry. The values found for the retention of water show that the incorporation of the residue is feasible with respect to this property.

**Key-words:** Mortar, dust exhaust, retention of water.