



# ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ADITIVOS HIDROFUGANTES E IMPERMEABILIZANTES EMPREGADOS EM BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL

**Denis F. Weidmann (1); Juliana M. Casali (2); Luiz R. Prudêncio Júnior (3)**

(1) Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: denisfw@yahoo.com.br

(2) Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: jucasali@ig.com.br

(3) Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: prudenciouk@hotmail.com

### RESUMO

A alvenaria estrutural de blocos de concreto tem se mostrado uma alternativa economicamente viável para a construção de edificações, incluindo construções de baixo custo, como conjuntos habitacionais. Contudo, os materiais e processos construtivos empregados não estão totalmente otimizados e racionalizados demonstrando um potencial de redução ainda maior. Uma das alternativas seria a utilização de alvenarias aparentes estanques, isso é, sem a necessidade de revestimentos externos para prevenir a penetração de umidade. Para isto, seria necessário que os blocos de concreto e as argamassas de assentamento apresentassem baixa permeabilidade. Diante deste contexto, este trabalho objetivou avaliar o desempenho de diferentes tipos e teores de aditivos hidrofugantes/impermeabilizante para serem empregados em blocos de concreto. Na primeira etapa do trabalho foram testados sete tipos de aditivos em peças de tamanho reduzido produzidas em uma máquina protótipo de vibro-compressão. Foram avaliadas a resistência à compressão e a permeabilidade em fatias de 20 mm de espessura. A partir dos resultados desta etapa, foram selecionados dois aditivos que proporcionaram menor permeabilidade sem terem prejudicado a resistência à compressão das peças. Para estes dois aditivos, foram testados a influência dos teores de aditivo (40, 70 e 100% do teor máximo recomendado pelo fabricante) e a espessura da fatia (20, 25 e 32mm) na permeabilidade das peças. Com os resultados da segunda etapa, escolheu-se o teor de cada aditivo e a espessura de parede a serem empregados na produção dos blocos de concretos. Estes blocos de concreto foram produzidos em escala real em uma fábrica de pré-moldados, sendo caracterizados quanto à resistência à compressão, volume, área líquida, absorção de água por capilaridade e total. Observou-se que o uso de aditivos hidrofugantes/impermeabilizantes não afetou a produção das peças, mas influenciou substancialmente a permeabilidade à água e a resistência à compressão quando comparados com blocos de concreto sem aditivos.

**Palavras-chave:** bloco de concreto; aditivo hidrofugante; aditivo impermeabilizante; alvenaria estrutural.

### ABSTRACT

The use of structural concrete block masonry has been considered a good alternative for the construction of buildings, including low cost construction works such as social housing. However, the materials and construction processes involved have not been fully optimized and rationalized, and thus there is potential for even greater cost reductions. One possibility is to use watertight walls, that is, walls that do not require rendering mortar to prevent the penetration of moisture. To achieve this, concrete blocks and bedding mortars with low permeability are needed. In this context, this work

evaluates the performance of different types and dosages of damp proofing and waterproofing admixtures for use in concrete blocks. In the first stage of this work, seven types of damp proofing and waterproofing admixtures were tested using specimens of reduced size. Compressive strength and permeability were evaluated on 20mm-thick specimens. Using the results of this analysis, it was possible to choose two admixtures that led to lower permeability concrete without decreasing its compressive strength. For these two admixtures, the influence of admixture dosage and of specimen thickness on permeability was evaluated. With the results of this second stage, the dosage for each admixture and the thickness of concrete blocks face shells were determined. These concrete blocks were produced in full scale, in a manufacturing plant. They were characterized by compressive strength, volume, capillary water absorption and water absorption. It was found that the use of admixtures does not influence the production of concrete blocks, but significantly influences permeability and compressive strength, when compared to concrete blocks without admixtures.

Keywords: concrete block; admixtures; structural masonry.

## 1 INTRODUÇÃO

A sociedade brasileira tem buscado incessantemente soluções para amenizar o grave problema da carência de habitações para as suas camadas menos privilegiadas. Atualmente, estima-se que o déficit habitacional brasileiro chega à casa dos 6 milhões de moradias, relativo principalmente a uma faixa da população com renda familiar inferior a 3 salários mínimos. Contudo, a busca pelo desenvolvimento de novas tipologias e/ou tecnologias de construção para habitações de interesse social tem desafiado e mobilizado pesquisadores em todo o país.

Desde a década de 1960, várias alternativas tecnológicas foram propostas e utilizadas na construção de grandes conjuntos habitacionais por todo o Brasil, principalmente na região da Grande São Paulo. Dentre elas, uma das que se mostrou economicamente mais viável foi à alvenaria estrutural de blocos de concreto para a construção de edificações de até 4 pavimentos. Um exemplo marcante desta aplicação é o projeto Singapura de São Paulo e Bom Abrigo em Santa Catarina. Nestes conjuntos habitacionais, a alvenaria estrutural é utilizada para diferentes tipologias de edificação (sobrados geminados de 2 pavimentos ou edifícios de 4 a 5 pavimentos).

Apesar do reconhecido custo inferior das edificações erguidas com este sistema de construção, os materiais e processos construtivos empregados não estão totalmente otimizados e racionalizados demonstrando um potencial de redução de custos do sistema. Dentre as principais limitações, está o custo dos blocos e a necessidade de revestimentos externos para promover uma adequada estanqueidade às alvenarias. O preço dos blocos aliado à necessidade de revestimento externo para prevenir a penetração de umidade tem impedido que as habitações construídas atinjam níveis de preço ainda menores.

Fora do país, iniciativas de utilização de alvenarias estruturais aparentes em conjuntos habitacionais de interesse social têm sido bem sucedidas. A construção de vários conjuntos de edifícios e casas no México construídas pela construtora “Casas Geo” é um exemplo disso. Em muitos conjuntos habitacionais, a estanqueidade das paredes foi obtida a partir do uso de blocos de concreto “split” aditivados e argamassas também aditivadas.

Os aditivos geralmente utilizados nesse tipo de aplicação são os impermeabilizantes ou hidrofugantes. Os impermeabilizantes são efetivos em reduzir o transporte de água sobre pressão e os hidrofugantes reduzem a migração de umidade principalmente pela ação de forças capilares (RAMACHANDRAN, 1984). Normalmente os estudos sobre os aditivos hidrofugantes e/ou impermeabilizantes são feitos em pastas de cimento (LU e ZHOU, 2000) e argamassas (SAIJA, 1995; LU; ZHOU e ZHANG, 2004; DAFICO, FERRO e CALVALCANTE, 2004). No caso de blocos de concreto, poucos estudos existem sobre a produção com esses aditivos e suas aplicação.

Em função do exposto, o presente projeto visa o desenvolvimento de blocos de concreto estrutural de baixo custo e com estanqueidade adequada que evite a necessidade de revestimentos externos.

## 2 MATERIAIS E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para alcançar tal objetivo, em uma primeira etapa foram testados alguns aditivos hidrofugantes/impermeabilizantes comercialmente disponíveis e selecionados os dois que proporcionaram menor permeabilidade ao concreto. Em seguida, partiu-se para uma otimização da dosagem destes aditivos selecionados em função da espessura dos septos longitudinais dos blocos de concreto. Nestas duas primeiras etapas, os testes foram realizados em peças de menor dimensão produzidas com auxílio de um equipamento protótipo de vibro-compressão que simula os efeitos de uma máquina real de produção de blocos. Este equipamento, cujas características são apresentadas em OLIVEIRA (2004), consiste em uma pequena máquina de vibro-compressão desenvolvida pelo Grupo de Tecnologia em Materiais e Componentes a Base de Cimento Portland da Universidade Federal de Santa Catarina (GTec-UFSC) em parceria com uma empresa produtora de blocos de concreto da região da grande Florianópolis. Na terceira e última etapa, foram produzidos blocos de concreto em escala real, na mesma empresa mencionada anteriormente, e avaliadas suas propriedades.

### 2.1 Materiais utilizados

Os agregados empregados no presente estudo compreendem duas areias naturais, provenientes de rio e uma brita zero granítica. Estes agregados são os mesmos utilizados pela empresa na qual foram produzidos os blocos de concreto em escala industrial. Na Tabela 1 são apresentadas porcentagem retida acumulada, módulo de finura e porcentagem de material pulverulento dos agregados utilizados.

**Tabela 1 – Composição granulométrica dos agregados empregados no estudo**

Abertura da peneira (mm)	% retidas acumuladas		
	Areia natural 1 (AN1)	Areia natural 2 (AN2)	Brita “zero” (B0)
9,5	0	0	2
6,3	0	0	37
4,8	1	0	77
2,4	13	0	98
1,2	38	0	98
0,6	65	0	98
0,3	86	4	98
0,15	96	89	99
Fundo	100	100	100
Módulo de Finura	2,99	0,93	5,70
Mat. Pulverulento (%)	2,00	2,15	1,19

O cimento empregado foi do tipo CPV ARI-RS, o mesmo utilizado pela fábrica de blocos de concreto, cuja massa específica era de 2,97 kg/dm<sup>3</sup>.

Quanto aos aditivos hidrofugantes/impermeabilizantes para uso em concreto, inicialmente foi realizado um levantamento dos fabricantes e solicitada uma amostra de cada aditivo. Observou-se que poucos são os fabricantes que possuem esse tipo de aditivos para uso específico na produção de blocos de concreto. A grande maioria das empresas possui aditivos hidrofugantes ou impermeabilizantes para aplicação em concretos plásticos e argamassas. Apesar disto, optou-se em testar estes aditivos, da mesma maneira. Na Tabela 2 é apresentado um resumo dos aditivos utilizados.

O aditivo plastificante apresentado na Tabela 2 foi utilizado em todas as misturas, inclusive em combinação com os demais aditivos. Esta prática do uso de plastificantes ou incorporadores de ar é comum em fábricas de blocos de concreto para facilitar a compactação do concreto.

**Tabela 2 – Aditivos utilizados nos blocos de concreto e teores máximos recomendados pelos fabricantes**

Denominação	Classificação pelo fabricante	Apresentação	Composição Química	Teor máximo de aditivo (%)	Dosagem em relação a massa de:
RI	Hidrofugante	Pó	** Sal de ácido esteárico e cargas	0,20	Concreto
RH	Hidrofugante	Líquido	*	4,00	Cimento
SI	Impermeabilizante	Pó	*	2,00	Cimento
MI	Impermeabilizante	Líquido	*	0,04	Cimento
DE	Hidrofugante	Líquido	** Sais inorgânicos e polímeros dispersantes	2,50	Cimento
IM	Hidrofugante	Líquido	*	4,00	Cimento
P	Plastificante	Líquido	*	0,30	Cimento

\* Composição química não foi informada pelo fabricante;

\*\* Composição química informada pelo fabricante dos aditivos utilizados nas etapas posteriores (selecionados por desempenho).

## 2.2 Procedimento Experimental

O traço utilizado foi similar ao especificado pela empresa para produzir blocos de resistência característica (fbk) igual a 6MPa, salvo um pequeno aumento da proporção de material fino. Esta prática teve o intuito de gerar uma textura mais compacta das peças (blocos de concreto). O traço final então foi de 1:10,30 (cimento:agregados). Na Tabela 3 são apresentados o traço utilizado e quantidade de material empregado.

**Tabela 3 – Traço utilizado e quantidade de material empregado no estudo**

Materiais	Unitário	Quantidade (g)
Cimento	1,00	700
Areia Fina	1,90	1330
Areia Média	6,80	4760
Brita “zero”	1,60	1120
a/c	0,678	474,6
Aditivo plastificante <sup>1</sup>	0,30%*	2,1

\* - porcentagem relativa à massa do cimento - teor médio indicado pelo fabricante.

A relação água/materiais secos (H) foi fixada em 6,0%, com base em experiências anteriores realizados na mesma empresa, que levaram em consideração principalmente o surgimento de umidade excessiva na superfície das peças.

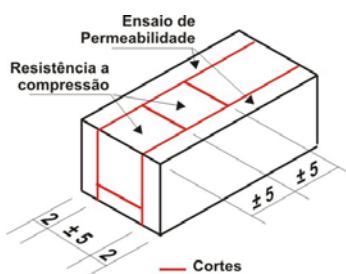
Nos testes preliminares para seleção dos aditivos de melhor desempenho e otimização da dosagem, as misturas foram produzidas em um misturador com capacidade de mistura de 12 litros (volume da cuba igual a 20 litros) obedecendo a seguinte seqüência: (1) mistura de todos os agregados por 30 segundos; (2) parada para adição do cimento; (3) mistura por mais 30 segundos; (4) parada para adição da metade da água e aditivo plastificante; (5) mistura por mais 1:30 minutos; (6) parada para adição do restante da água; e (7) mistura por mais 30 segundos.

Os concretos que continham aditivos hidrofugantes ou impermeabilizantes eram misturados de maneira diferente. Os aditivos em pó eram adicionados antes da água (4), e misturados a seco por um minuto com os agregados e cimento, e em seguida era adicionada metade da água e o aditivo plastificante e misturado por mais 30 segundos. Já os aditivos líquidos eram adicionados juntamente com a água inicial (4). O restante da seqüência permanecia igual ao apresentado.

A massa específica das peças moldadas foi mantida constante em  $2,15\text{kg/dm}^3$  que corresponde aproximadamente à mesma utilizada na produção dos blocos estruturais de resistência característica (fbk) de 6MPa.

### 2.3 Seleção dos aditivos

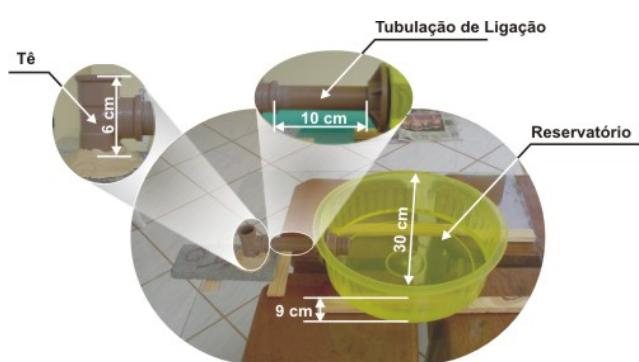
Foram moldadas, no equipamento protótipo, duas peças para cada mistura com aditivo hidrofugante/impermeabilizante e duas peças para a mistura de referência, a qual continha apenas o aditivo plastificante. Nesta etapa, foram utilizados os teores máximos dos aditivos hidrofugantes/impermeabilizantes, conforme indicação dos fabricantes (Tabela 2). As peças moldadas foram curadas em ambiente saturado durante 5 dias e posteriormente em ambiente seco e coberto até a idade de 28 dias. Aos 25 dias de idade foram serradas duas fatias das laterais de cada peça para os ensaios de estanqueidade e extraídos também os corpos-de-prova para ensaio de resistência à compressão, conforme Figura 1. Os corpos-de-prova de  $5\times 5\times 8\text{cm}$  foram capeados com pasta de cimento para os ensaios de compressão.



**Figura 1 - Posições dos cortes das peças e destino de cada parte.**

Durante o processo de moldagem das peças foi observado o tempo de vibro-compressão da mistura no molde para detectar alguma possível alteração na compactabilidade, sendo este o único aspecto observado no estado fresco.

Para avaliação da estanqueidade, no estado endurecido, utilizou-se um método desenvolvido pelo GTec-UFSC, conforme apresentado por Anselmo Jr (2004), que tem como base o ensaio do Cachimbo (CSTC/NIT-140). Para tal, foi desenvolvido um aparato com o objetivo principal de manter constante a pressão de água sobre as peças durante o ensaio de permeabilidade por meio do uso de vasos comunicantes (Figura 2). Este ensaio foi realizado nas faces laterais das peças de concreto para efeito comparativo do tempo necessário para a transposição da água de uma face à outra. Nestes testes, utilizou-se uma pressão hidrostática constante de 4 cm de coluna de água. Ao final dos ensaios, foram selecionados dois aditivos para otimização do conjunto espessura dos septos longitudinais dos blocos e teor de aditivo.



**Figura 2 – Equipamento utilizado no ensaio de permeabilidade.**

## **2.4 Avaliação do teor de aditivo e espessura das paredes dos blocos**

Nesta etapa, variou-se a dosagem dos aditivos que apresentaram melhor desempenho na etapa anterior. Foram testadas misturas com 40, 70 e 100% do teor máximo recomendado pelo fabricante. Além disto, produziram-se fatias de diferentes espessuras simulando valores encontrados em blocos disponíveis no mercado. Estas fatias foram obtidas de maneira semelhante à apresentada na etapa anterior, com cortes conforme a Figura 1, e tinham espessuras de 20, 25 e 32 mm. Para cada teor de aditivo, foram moldadas 3 peças e de cada uma destas retiradas duas fatias. A distribuição dos cortes por peça foi feita aleatoriamente de forma que no final fossem obtidas 2 fatias de cada espessura.

Com as fatias serradas e secas procederam-se os ensaios de permeabilidade conforme apresentado anteriormente, medindo-se o tempo necessário para a transposição da água de uma face à outra da peça. O tempo máximo de ensaio era de 30 minutos. Se até este tempo, a água não atravessasse a peça, o ensaio era interrompido e a peça partida ao meio, no ponto de contato da água, para verificação da profundidade penetrada.

## **2.5 Produção dos blocos de concreto**

Para esta terceira etapa foram produzidos aproximadamente 100 blocos de 14x19x39cm (largura, altura e comprimento) para cada aditivo selecionado e nos teores definidos na etapa anterior e também foi produzido um lote de referência (sem aditivos hidrofugantes ou impermeabilizantes). A espessura dos septos longitudinais dos blocos também foi definida na etapa anterior.

Os blocos de concreto foram caracterizados quanto ao volume, área líquida e absorção de água total, segundo a MB 3459/1991, e ainda, quanto à absorção de água por capilaridade. A absorção de água por capilaridade foi realizada nos tempos de 1, 5, 15, 30, 60 e 180 minutos. Este ensaio foi realizado com uma lâmina de profundidade de  $(3,0 \pm 0,5)$  mm. De cada lote, foram ensaiadas ainda 6 amostras para verificação da influência do aditivo na resistência à compressão dos blocos (NBR 7184/1992).

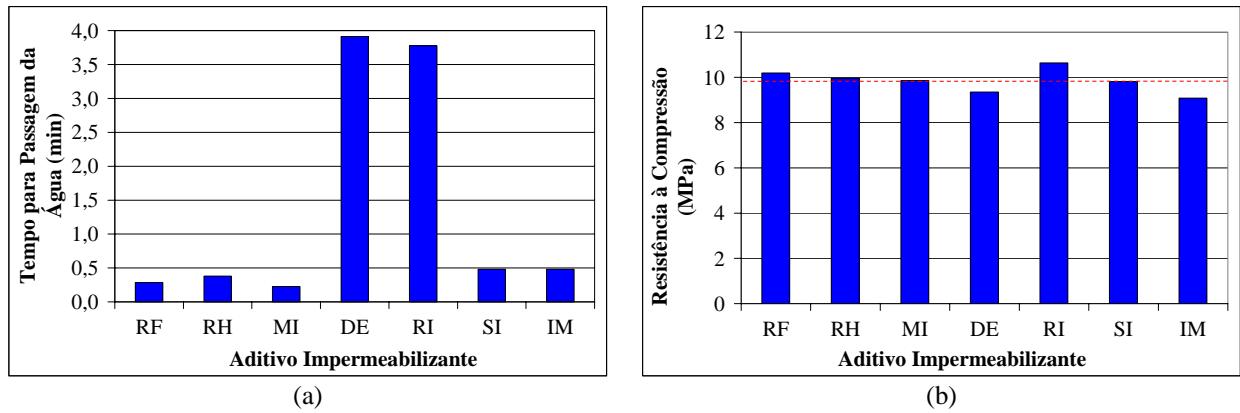
# **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

## **3.1 Seleção dos aditivos de melhor desempenho**

No Gráfico 1 são apresentados os tempos decorridos para a percolação da água pela peça de concreto em função dos aditivos selecionados e as resistências à compressão dos corpos-de-prova extraídos da mesma peça. Os valores do tempo representam a média de 4 medições sendo duas em cada peça. Já as resistências à compressão correspondem a dos blocos com área líquida de 57%. A linha tracejada representa a média das resistências.

Como pode ser observado no tocante a permeabilidade, dois aditivos apresentaram desempenho superior aos demais. Para as peças com estes aditivos, DE e RI, observa-se que o tempo para percorrer os 20mm foi maior que 10 vezes o tempo gasto nas peças produzidas com a mistura de referência. Logo, estes dois aditivos foram selecionados para dar seqüência ao trabalho. Vale ressaltar que alguns ensaios das peças que continham os aditivos DE e RI foram parados aos 5 minutos, pois não havia sinal algum de água na superfície inferior. Tendo em vista que os tempos de passagem de água nas peças dos demais aditivos eram muito baixos, esta interrupção era perfeitamente válida.

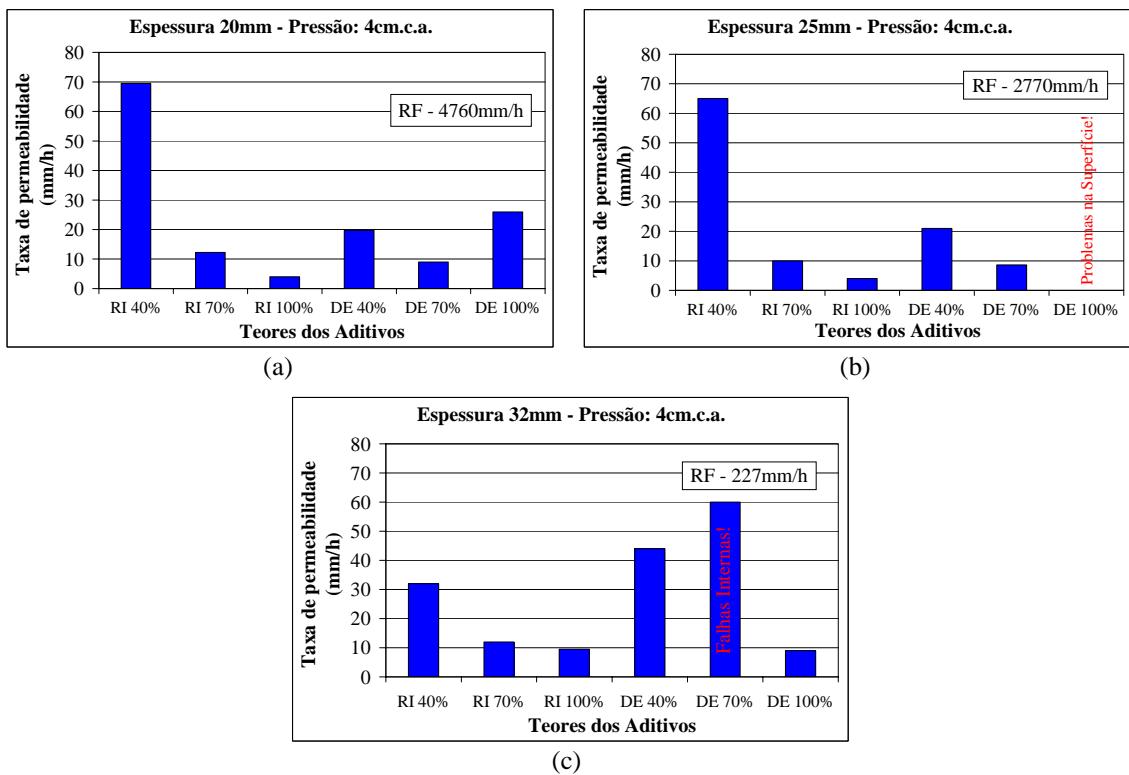
Quanto à resistência à compressão, observa-se que as peças produzidas com o aditivo RI apresentaram resultados sensivelmente superiores a média. O mesmo não ocorreu para o aditivo DE. Quanto aos demais aditivos, notou-se que esta propriedade não variou muito em relação à média e ao concreto de referência, com exceção do aditivo IM que apresentou desempenho semelhante ao aditivo DE.



**Gráfico 1 – Resultados para cada aditivo: (a) tempo para passagem da água pela fatia e (b) resistência à compressão das peças.**

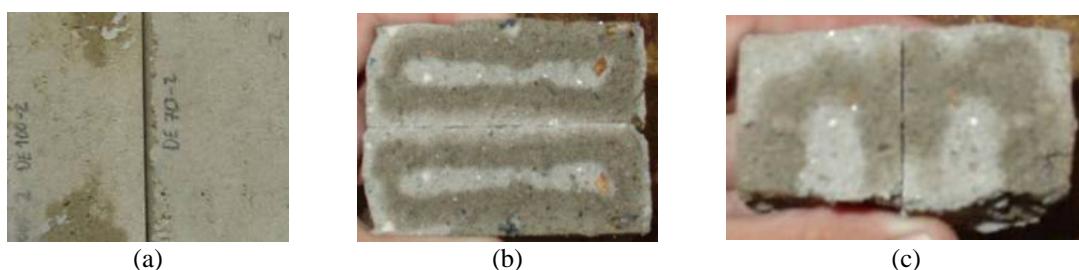
### 3.2 Otimização da dosagem dos aditivos

Nesta etapa, ao invés de serem apresentados os tempos de passagem da água, foi adotado como parâmetro de comparação a taxa de permeabilidade. Esta taxa foi definida como a razão entre a profundidade de água penetrada na peça em determinado tempo. Quando a água atravessava a peça era marcado o tempo no instante em que surgissem a primeira mancha na face inferior. Nestes casos, a taxa de permeabilidade considerava a espessura da peça e o tempo anotado. Para as demais peças, em que a água não percorria toda a espessura da fatia, o ensaio era parado aos 30 minutos e então a peça era partida ao meio e medida a profundidade de penetração da água. Desta forma, a taxa de permeabilidade era calculada considerando a profundidade de água penetrada e o tempo de 30 minutos. No Gráfico 2 são apresentadas as taxas de permeabilidade (mm/h) para cada mistura, separados por espessura das fatias.



**Gráfico 2 - Taxa de permeabilidade de água nas peças de: (a) 20mm, (b) 25mm e (c) 32mm de espessura moldadas com cada teor de aditivo.**

Observa-se novamente a grande diferença entre as misturas com utilização de aditivos hidrofugantes/impermeabilizantes e a mistura de referência. Porém nota-se que esta diferença torna-se menos acentuada à medida que se aumenta a espessura das peças. A maior probabilidade de ocorrência de uma falha passante em peças mais delgadas explicaria essa tendência. No caso do aditivo RI, constata-se uma redução da taxa de permeabilidade com o aumento do teor empregado, independentemente da espessura das peças. Para esse mesmo aditivo, nota-se que a influência da espessura das peças só é marcante no caso do menor teor estudado, semelhante ao que ocorreu nas peças não aditivadas. No caso do aditivo DE, não se observou uma tendência lógica de comportamento, tanto com relação à espessura quanto ao teor de aditivo, fato esse atribuído possivelmente à sua maior dificuldade de dispersão, por ser líquido. As falhas as quais se referem as inscrições no Gráfico 2 podem ser observadas na Figura 3.



**Figura 3 - Falhas nas peças: a) na superfície; b) internas no sentido transversal da peça; e c) internas no sentido longitudinal da peça.**

Diante dos resultados encontrados, optou-se em produzir os blocos em escala real utilizando a dosagem de 70% dos teores máximos recomendados pelos fabricantes. Para a geometria dos blocos, foi adotada a espessura de septo de 25mm por ser a mínima atualmente aceita por norma para blocos de concreto com função estrutural e também por ser a que estava a disposição na empresa para a produção.

### 3.3 Resultados da produção dos blocos de concreto

A produção dos blocos com o uso dos aditivos e da mistura de referência foi realizada em uma empresa da grande Florianópolis, conforme comentado anteriormente. Durante esta etapa, não foram observadas alterações significativas na produtividade da máquina vibro-prensa real devido ao uso dos aditivos e dosagens selecionadas. Os blocos seguiram a mesma linha de produção adotada normalmente pela empresa e foram posteriormente identificados e separados para desenvolvimento do restante da pesquisa. Na Tabela 4 são apresentadas às características dos blocos de concreto fabricados.

**Tabela 4 – Características dos blocos de concreto fabricados com e sem aditivos.**

Bloco de Concreto	Absorção total média (%)	Dimensões (cm)	Volume Médio (dm <sup>3</sup> )	A <sub>líquida</sub> /A <sub>bruta</sub> Média (%)
Referência	6,7	14,0x19,0x39,0	5,48	53,16
DE	7,0			
RI	6,4			

Os valores de absorção de água total foram similares entre os blocos de concreto produzidos demonstrando que o aditivo não influenciou nesta propriedade (Tabela 4). Cabe ressaltar que a norma MB 3459/1991 recomenda que a absorção total deva ser menor ou igual a 10%.

Esses valores indicam que os aditivos utilizados são hidrofugantes, como o indicado pelos fabricantes, uma vez que os mesmos não reduziram o transporte de água sobre pressão.

Porém quando os blocos de concreto foram submetidos ao ensaio de absorção de água por capilaridade foi possível observar o efeito significativo do emprego do aditivo. Neste caso o aditivo reduziu a passagem de umidade, principalmente por ação da capilaridade. No Gráfico 3 são apresentados os valores obtidos de absorção de água por capilaridade média versus a raiz quadrada do tempo.

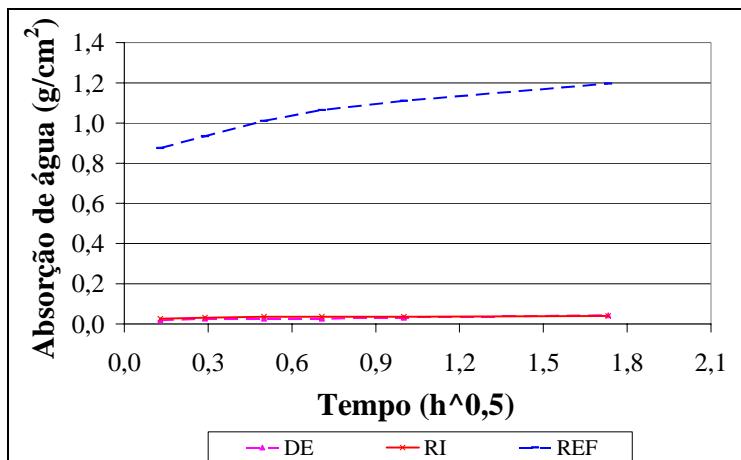


Gráfico 3 – Absorção de água por capilaridade média *versus* a raiz quadrada do tempo.

Observa-se no Gráfico 3 que o comportamento dos blocos de concreto com aditivos hidrofugantes/impermeabilizantes é bastante distinto daqueles blocos de concreto de referência (sem aditivos hidrofugantes/impermeabilizantes). Os blocos de concreto com esses aditivos têm taxa de absorção de água significativamente inferior (média de  $0,03\text{ g}/\text{cm}^2$ ) daqueles sem aditivo (média de  $1,03\text{ g}/\text{cm}^2$ ).

Na Tabela 5 é apresentada à resistência à compressão média e característica dos blocos de concreto e o coeficiente de variação. Observa-se que a resistência à compressão característica dos blocos de concreto com o aditivo DE foram inferiores a desejada de 6 MPa. Além disso, para estes blocos de concreto, o coeficiente de variação foi o maior encontrado (28,21%). Neste caso, o uso desse aditivo provocou um efeito prejudicial na resistência à compressão. Já para os blocos de concreto com aditivo RI, a resistência característica foi a maior encontrada. Os resultados foram semelhantes aos encontrados para as peças de pequena dimensão na primeira etapa do trabalho.

Tabela 5 – Resistência à compressão média e característica dos blocos de concreto de referência e os moldados com aditivos hidrofugantes / impermeabilizantes (DE e RI)

Bloco de concreto	Resistência característica (MPa)	Resistência média (MPa)	Coeficiente de variação (%)
Referência	6,45	8,81	14,10
DE	5,31	8,90	28,21
RI	8,20	10,08	12,36

#### 4 CONCLUSÕES

Do trabalho realizado pode-se concluir que é possível produzir blocos de concreto de baixa permeabilidade a partir de alguns aditivos disponíveis no mercado nacional, mesmo que não formulados especificamente para essa finalidade. Além disso, encontrou-se desempenho satisfatório para teores aquém do máximo especificado pelos fabricantes, reduzindo assim o impacto de seu uso no custo final dos blocos. Sua presença no concreto, em alguns casos, afetou a resistência dos blocos, no entanto, melhorou-a significativamente para um dos aditivos de melhor desempenho.

Pode-se concluir também que a variação da espessura dos septos dos blocos influencia acentuadamente a sua estanqueidade quando produzidos com misturas sem aditivos hidrofugantes/impermeabilizantes. Já para as misturas que contém esse tipo de aditivo, esta influência é pouco perceptível se o teor de aditivo e sua dispersão no concreto forem adequados. No entanto, vale ressaltar que paredes mais espessas podem minimizar as consequências de uma pequena falha localizada no interior do septo de um bloco, por exemplo. Outro ponto muito importante a ser considerado na estanqueidade é a textura superficial dos blocos. Uma das opções para melhorar essa característica é a utilização de uma proporção de agregados rica em finos.

Com relação à produção dos blocos em escala de fábrica, não se constatou qualquer alteração pelo uso de aditivos hidrofugantes/impermeabilizantes, devendo-se apenas assegurar uma homogênea dispersão destes aditivos no concreto.

Por fim, apesar dos bons resultados encontrados neste trabalho, ressalta-se a necessidade de estudos da relação bloco-argamassa para assim obter-se uma alvenaria estrutural aparente e com baixa permeabilidade.

## 5 REFERÊNCIAS

- ANSELMO JÚNIOR, A.. **Estudo do comportamento de aditivos redutores de permeabilidade para blocos vazados de concreto destinados a habitação popular.** Florianópolis, 2004. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7184:** Bloco vazado de concreto simples para alvenaria – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1992.
- , **MB 3459:** Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Determinação da absorção de água, do teor de umidade e da área líquida. Rio de Janeiro, 1991.
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. **Hydrofuges de surface: Choix et mise en oeuvre.** Bruxelles, 1982. 24p. (Note D'Information Technique 140).
- DAFICO, D. A.; FERRO, K. M. S.; CALVACANTE, M. C. O. Análise de desempenho de aditivos impermeabilizantes para argamassas. **Anais do X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.** São Paulo, 2004.
- LU, Z.; ZHOU X.; ZHANG J. Study on the performance of a new type of water-repellent admixture for cement mortar. **Cement and Concrete Research**, 34, 2004, pp 2015-2019.
- LU, Z.; ZHOU, X. The waterproofing characteristics of polymer sodium carboxymethyl-cellulose. **Cement and Concrete Research**, 30, 2000, pp 227-231.
- OLIVEIRA, A. L.. **Contribuição para o desenvolvimento de uma metodologia de dosagem para peças de concreto empregadas em pavimentação produzidas em máquina vibro-prensas.** Florianópolis, 2004. Tese (Doutorado em Engenharia) apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina.
- RAMACHANDRAN, V. S. **Concrete admixtures handbook: properties, science and technology.** Noyes Publications, New Jersey, 1984
- SAIJA, L. M. Waterproofing of Portland cement mortars with a specially designed polyacrylic latex. **Cement and Concrete Research**, 25, 1995, pp 503-509.