

# **Efeitos da adição de Estireno Butadieno em Argamassas para reparo em estruturas subterrâneas**

## **Effects of Estiren Butadien addiction on the Mortars for underground sctructures recovery**

**Betina Lepretti Medeiros<sup>1</sup> & Waleska Barbosa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Mestre pela Universidade Federal do Paraná, Departamento de Pesquisa – LACTEC,  
[betina@lactec.org.com](mailto:betina@lactec.org.com)

<sup>2</sup> Graduando de engenharia civil, Universidade Federal do Paraná – UFPR,  
[waleskabarbosa@ufpr.br](mailto:waleskabarbosa@ufpr.br)

**RESUMO:** Os materiais utilizados como reparos em estruturas subterrâneas, que estão inseridas em ambientes agressivos, devem resistir à percolação de substâncias nocivas e possuir boa aderência à superfície degradada. A adição do polímero Estireno Butadieno (SBR) em argamassas para reparo foram analisadas quanto à resistência à compressão axial, durabilidade como absorção por imersão, absorção por sucção capilar e absorção por capilaridade. Para tanto, foram adicionados 20% de Estireno Butadieno (em relação à quantidade de cimento), variando as ralações água/aglomerante em 0,45, 0,50 e 0,55, bem como os tipos de cimento utilizados (CPII F -32 , CPIIZ - 32, CPIV - 32 e CPV – ARI). A argamassa com adição de SBR, relação água/aglomerante de 0,45 e cimento CPIV-32 apresentou os melhores resultados para a aplicação em reparos das estruturas subterrâneas.

**ABSTRACT:** Underground structures are submitted to many pathologies due the aggressive environment where they were find inserted. The waterproofing system for this kind of materials must have high resistance at early ages (to allow the use of structure and do not interrupt the traffic), besides workability and durability. To analyze the most efficient waterproofing system, the mortars were produced with 04 (four) different types of cement (CPII-F, CPII-Z, CPIV e CPV-ARI), commonly used by Brazilian construction. The mechanical performance of the mortars was analyzed by a test of compression strength, which procedures are described at the Brazilian code NBR 5739/94. A fixed amount of estiren-budadien (SBR) admixture (20% of weigh of cement) was used to produce the mortars, beyond three different water/agglomerating relations (0,45 ; 0,50 and 0,55). The mortar, additioned with SBR, water agglomeration relation of 0.45 and CPIV-32 cement, presented the finest effects for the repair application of underground structures.

### **1. INTRODUÇÃO**

Reparos com argamassas em estruturas de concreto armado são freqüentemente realizados, devido aos ambientes agressivos como poluição causada pelos veículos, indústrias, entre outros, denominados agentes externos. Também pode ocorrer a degradação do concreto devido à ação de agentes internos, por exemplo, os álcalis do cimento em contato com agregados potencialmente reativos.

A utilização de estruturas subterrâneas em grandes cidades vem sendo cada vez mais empregada, um exemplo é a distribuição de

energia elétrica, câmaras contendo gerador e cabos de alta tensão que diminui a quantidade de fios suspensos nas ruas, e risco de acidentes. Contudo, as estruturas subterrâneas estão mais suscetíveis às águas agressivas, por infiltração de redes de esgotos e lençóis freáticos, causando lixiviação do concreto e tornando o ambiente propício à corrosão da armadura, tanto por íons cloretos quanto por carbonatação, na presença de gás carbônico, entre outros agentes degradantes.

Segundo Aïticin [2], quando o concreto está submetido a ataque químico externo é necessário reduzir a porosidade e a permeabilidade, para

diminuir a velocidade da reação tanto quanto possível.

As utilizações de argamassas com adição de polímero para execução de reparos possuem boa aderência em contato com concreto antigo, bem como, aumentam a resistência em relação à percolação de águas e substâncias degradantes, de acordo com Cabral [11]. Agudo et alli, [1], compartilham da mesma opinião, ou seja, o componente do tipo polimérico, adicionado em argamassa ou em concreto, melhora as propriedades mecânicas e o comportamento frente a agentes agressivo.

Conforme Ohama [14], a argamassa modificada com polímero possui uma estrutura definida, onde as microfibras do polímero formam uma membrana sobre o cimento hidratado e envoltos os agregados. A formação desta aderência química entre as partículas do polímero e os componentes da argamassa de reparo ocasiona maior proteção ao concreto contra ataques de substâncias nociva.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o comportamento de argamassas com adição de estireno butadieno (SBR) utilizando ensaios de resistência à compressão axial, durabilidade como absorção por imersão, absorção por sucção capilar e absorção por capilaridade.

## 2. MATERIAIS

Com intuito de melhorar a aplicabilidade da argamassa para reparo foi utilizado o polímero estireno butadieno (SBR), o qual possuía a massa específica de  $1,050 \text{ kg/dm}^3$  e pH alcalino.

O aditivo utilizado foi um superplastificante de última geração com base em uma cadeia de éter carboxílico modificado. Sua densidade pode variar de  $1,067$  a  $1,107 \text{ kg/dm}^3$ , pH entre 5 e 7, e teor de sólidos entre 28,5 e 31,5%. Este aditivo proporciona maior fluidez à argamassa, sem alterar a relação água/cimento, mantendo a consistência desejada para moldagem de CPs.

Para a realização das argamassas foram utilizados 4 tipos de cimentos encontrados na região de Curitiba: CP II F - 32 (*filler* calcário); CP II Z - 32 (com adição de pozolanas); CP IV - 32 (cimento portland pozolânico) e CP V - ARI (alta resistência inicial).

A areia ou agregado miúdo utilizado foi de origem natural quartzosa, proveniente de jazidas de rios. A caracterização deste material pode ser observada na tabela 1.

Tabela 1- Caracterização do Agregado Miúdo

CARACTERÍSTICA	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAIO	LIMITES NBR 7211/83
Dimensão Máxima Característica (mm)	4,8	NBR NM 248/2003	-
Módulo de Finura	2,45	NBR NM 248/2003	-
Graduação (Zona)	3	NBR NM 248/2003	3 (média)
Massa Específica SSS ( $\text{g/cm}^3$ )	2,63	NBR 9776/87	-
Massa Específica Seca ( $\text{g/cm}^3$ )	2,61	NBR 9776/87	-
Massa Unitária Solta ( $\text{g/cm}^3$ )	1,51	NBR 7251/82	-
Absorção (%)	0,42	NBR 9777/87	-
Material Pulverulento (%)	2,48	NBR 7219/87	0,5 a 3,0

## 3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

No traço foi utilizado 1:3 (cimento: agregado miúdo), 20% de polímero SBR em relação ao cimento, três relações água/ aglomerante (a/g), (0,45; 0,50; 0,55), e quatro tipos de cimento, como já mencionado no item anterior. Foram realizadas três repetições para maior certificação dos resultados obtidos, totalizando 12 traços distintos e sendo 36 ao todo, considerando as repetições denominadas de R1, R2 e R3. A tabela 2 apresenta as combinações das relações a/g com os quatro tipos de cimento e seus números respectivos.

Tabela 2 – Combinações com adição de Estireno Butadieno

a/g	CP II F	CP II Z	CP V	CP IV
0,45	1	2	3	4
0,50	5	6	7	8
0,55	9	10	11	12

Tanto no preparo da mistura, quanto na moldagem dos Corpos de Prova (CPs), seguiu-se a NBR 13279/95. O ensaio de resistência à compressão axial foi realizado conforme recomendação da NBR 7215/96 para quatro idades (1, 3, 7 e 28 dias). Os CPs foram desmoldados,

capeados com enxofre e posteriormente encaminhados à prensa hidráulica para ruptura.

O ensaio de absorção por sucção capilar ou absortividade proposto por Khelam [13] determina a quantidade de massa de água retida para saturar a argamassa, e a velocidade unidimensional de absorção por sucção capilar ou taxa de absorção capilar, ensaio também denominado como porosidade efetiva.

A taxa de absorção capilar é determinada pela relação entre a espessura do CP e a raiz quadrada do tempo de saturação, o qual é obtido através do monitoramento do acréscimo de peso do CP, medindo o aumento da absorção de água até a estabilização do acréscimo de peso. A porosidade efetiva corresponde à razão entre o acréscimo de peso e o volume da amostra. Todos os procedimentos realizados neste ensaio seguiram a metodologia indicada por Khelam [13].

No ensaio de absorção por imersão a moldagem das amostras foi realizada de acordo com a NBR 7215/96. O ensaio consiste em medir o acréscimo de massa num determinado período de tempo através de imersão e fervura da argamassa endurecida. Para tanto, utilizou-se o processo conforme a NBR 9778/87.

O ensaio de absorção por capilaridade os CPs utilizados foram preenchidos, adensados e curados da mesma forma do ensaio de absorção por imersão. O procedimento de preparação da amostra coincide com a preparação especificada no ensaio de absorção por imersão. Entretanto, para o ensaio de absorção por capilaridade seguiu-se o procedimento da NBR 9779/95.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Resultados de resistência

As médias dos resultados obtidos quanto às resistências à compressão axial para 1, 3, 7 e 28 dias estão apresentadas nas figuras 1, 2 e 3 com relações a/g de 0,45, 0,50 e 0,55, respectivamente. A argamassa com o cimento CPIV – 32 e a/g 0,45 apresentou a maior resistência à compressão axial (figura 1).

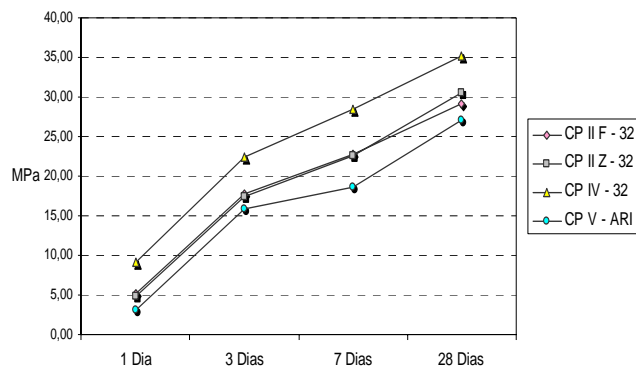


Figura1-Resistência a Compressão Axial, a/g 0,45

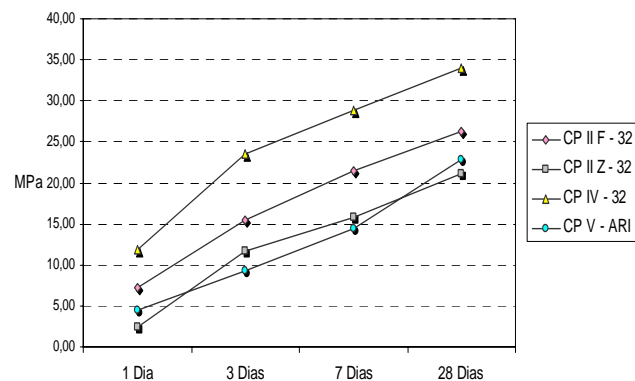


Figura2-Resistência a Compressão Axial, a/g 0,50

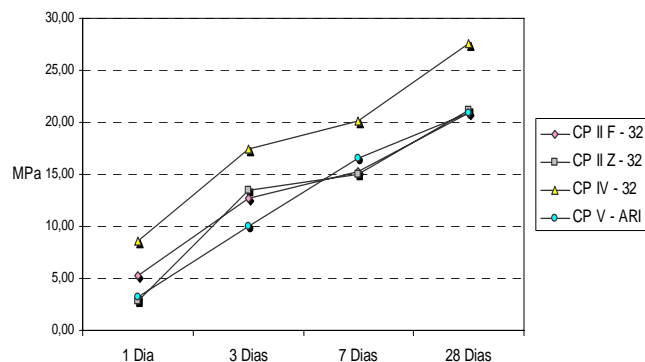


Figura 3-Resistência a Compressão Axial, a/g 0,55

### 4.2. Resultados de absorção por sucção capilar – absortividade

Kulakowski [12] salienta que a atuação da resistência capilar em argamassas é influenciada tanto pela alteração da relação água/cimento, quanto pelas adições, ocorrendo uma forte interação entre estas variáveis. Os resultados das resistências capilares estão apresentados na figura 4. Para sintetizar os dados foi realizada a média dos resultados das 3 repetições de cada amostra.

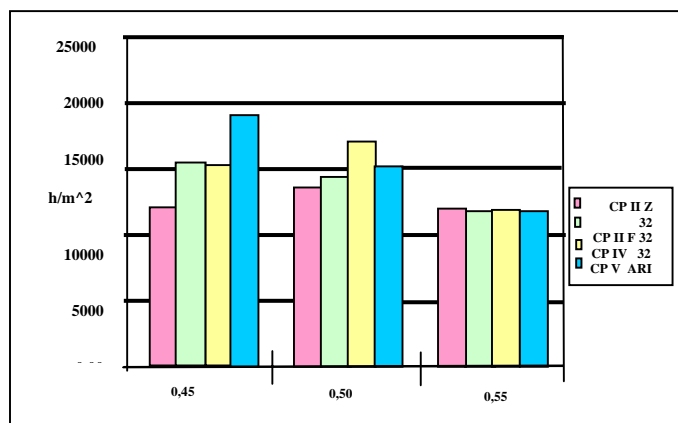


Figura 4 – Resistência Capilar em relação ao fator a/g

Na tabela 3 se encontra o resultado da amostra 3 (a/g:0,45, cimento CPIV-32) da terceira repetição. O resultado da resistência capilar desta amostra é de 17564,57 h/m<sup>2</sup>, contudo, ao calcular a media das 3 repetições este valor decresce para 15170,10 h/m<sup>2</sup> como mostra a Figura 4.

Tabela 3 – Planilha de Ensaio de Absortividade da Amostra 3 da Terceira Repetição

R3-3					
Dia	Tempo	Hora	$h^{1/2}$ (h)	Acréscimo (g)	Peso (g)
1	Início	0,0	0,0	0,0	264,66
1	1 min	0,0	0,1	0,2	264,85
	2 min	0,0	0,2	0,5	265,21
	5 min	0,1	0,3	1,2	265,87
	15 min	0,3	0,5	3,0	267,69
	1 h	1,0	1,0	8,2	272,82
	2 h	2,0	1,4	8,9	273,58
	4 h	4,0	2,0	13,4	278,09
	6 h	6,0	2,4	17,0	281,65
	9 h	9,0	3,0	20,6	285,27
2	25 h	25,0	5,0	31,2	295,90
3	49 h	49,0	7,0	36,7	301,35
4	72 h	72,0	8,5	40,3	304,91
5	100 h	100,0	10,0	42,6	307,27
6	124 h	124,0	11,1	43,9	308,57

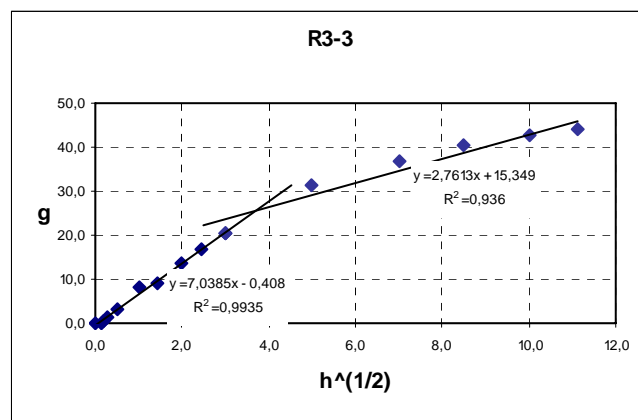


Figura 5 – Ensaio de Absortividade, as equações das retas e os R<sup>2</sup> da amostra 3 da terceira repetição

#### 4.3. Resultados de absorção por imersão

As argamassas com o cimento CPIV-32 apresentaram as menores taxas de absorção, em especial a argamassa com a/g de 0,45. Na figura 6 encontram-se as médias dos resultados deste ensaio de todas as amostras.

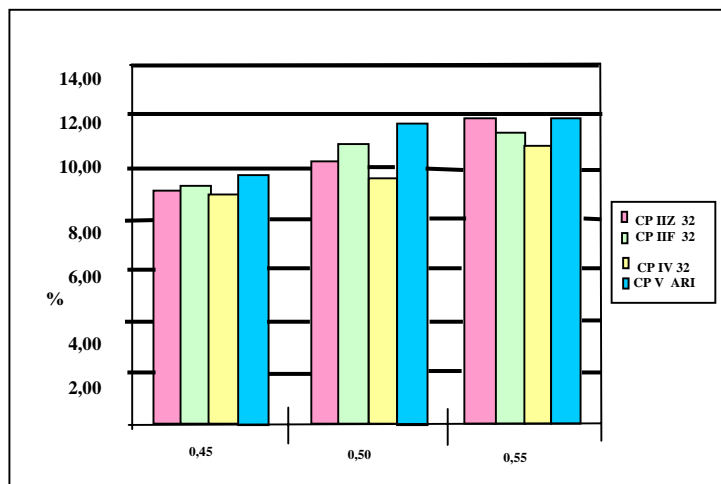


Figura 6 – Coeficiente de Absorção por Imersão em relação ao fator a/g

#### 4.4. Resultados de absorção capilaridade

Conforme a figura 7, observa-se que a argamassa com a/g 0,50 e cimento CPIV-32 apresentou menor taxa de absorção.

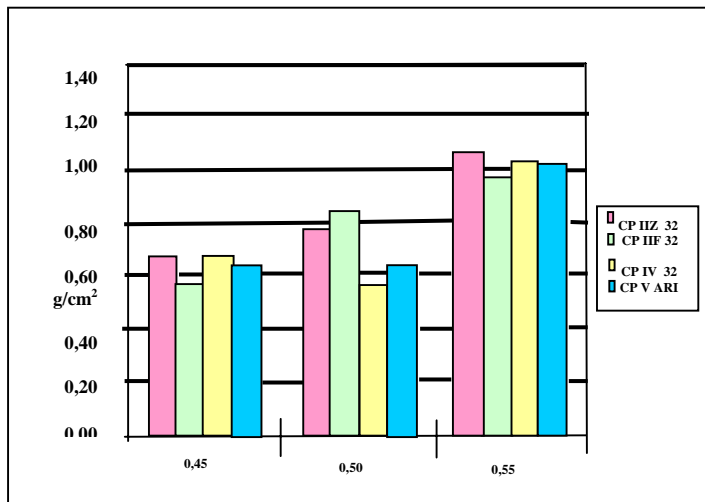


Figura 7 – Taxa de Absorção por Capilaridade em relação ao fator a/g

#### 4.5. Microscopia eletrônica de varredura (mev)

Na análise da microscopia eletrônica de varredura as amostras apresentaram alta concentração de cálcio, proveniente da formação de portlandita, denominada também como cristais de hidróxidos ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). A figura 8 mostra um poro contendo hidróxido de cálcio no seu interior e a figura 9 comprova a quantidade de cálcio encontrada dentro do poro.

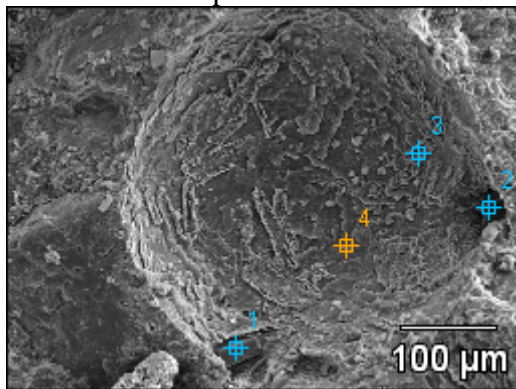


Figura 8 – Poro contendo hidróxido de cálcio

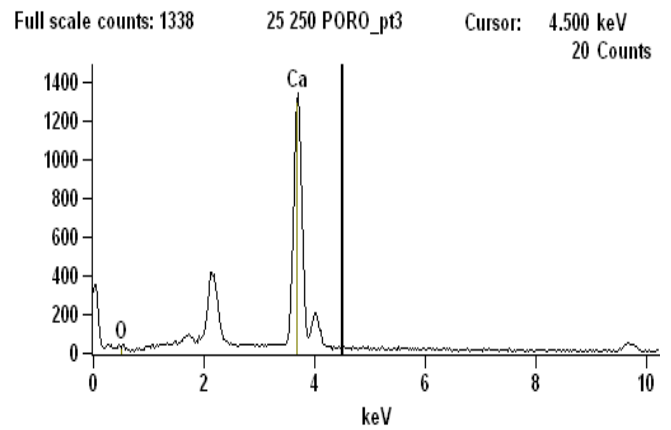


Figura 9 – Espectrômetro da figura 8 referente ao ponto 3

A figura 10 mostra um poro com grandes cristais de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , e a figura 11 o resultado do espectrômetro do ponto 1.

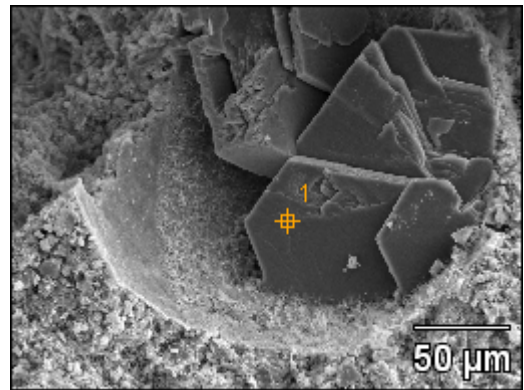


Figura 10 – Hidróxido de cálcio

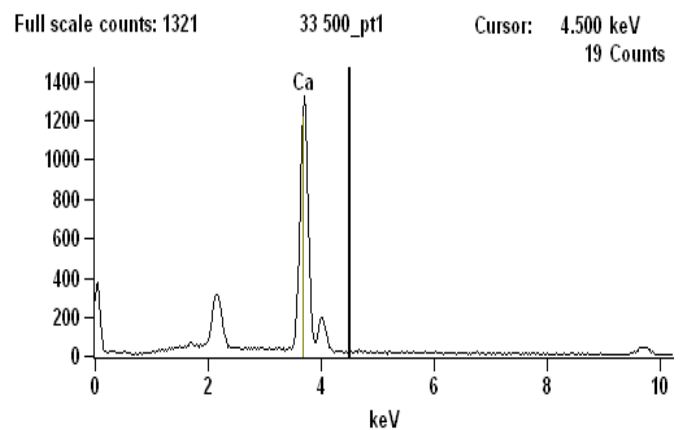


Figura 11 – Espectrômetro do ponto 1

## 5. CONCLUSÃO

Com o uso do polímero SBR as argamassas apresentaram boa trabalhabilidade, devido à plasticidade do material. As argamassas de fator água/aglomerante iguais a 0,45 apresentaram as maiores resistências para todos os cimentos utilizados, em destaque o cimento CPIV-32, o qual obteve maior resistência.

No ensaio de absorvidade em relação à resistência capilar as argamassas de a/g 0,45 apresentaram resultados satisfatórios, em especial a argamassa com cimento CPV – ARI. Entretanto, ao comparar todos os resultados dos ensaios realizados no presente estudo, observou-se que o cimento CPIV-32 com a/g 0,45 apresentou, num todo, os melhores resultados. Por esta razão, foram apresentadas na figura 5 as equações da reta e os  $R^2$  da argamassa de numero 3 (a/g:0,45, cimento CPIV-32) que obteve taxa de absorvidade de  $1,07\text{g/cm}^2\text{h}(1/2)$ .

No ensaio de absorção por imersão, a argamassa de número 3 apresentou menor taxa de absorção. No ensaio de absorção por capilaridade a argamassa com o mesmo cimento da argamassa de numero 3, mas relação a a/g de 0,55 , ou seja, argamassa de numero 7 , obteve o menor coeficiente de absorção.

Portanto, a melhor opção para reparos em estruturas subterrâneas com base neste estudo, é a argamassa de numero 3, a qual apresentou melhores resultados frente aos ensaios realizados.

## REFERÊNCIAS

1. Agudo, A.; Agulló ,L.; Cánovas, M. F.; Salla, J. M. *Diagnóstico de Daños y Reparación de Obras Hidráulicas de Hormigón*. Ed. Colégio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madri, 1996, p. 29.
2. Aïtcin, P. C. *Concreto de Alto Desempenho*. Tradução Geraldo G. Serra, São Paulo, Ed. PINI, 2000, p.543.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5738: - *Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto*. Rio de Janeiro, Abril.1994.
4. \_\_\_\_\_. NBR 5739: *Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 1994.
5. \_\_\_\_\_. NBR 6118: *Projeto de estruturas de concreto - Procedimento*. Rio de Janeiro, Agosto. 2003.
6. \_\_\_\_\_. NBR 7215: *Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão*. Rio de Janeiro, 1998.
7. \_\_\_\_\_. NBR 9778: - *Cimento Portland - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica*. Rio de Janeiro, Março.1987.
8. \_\_\_\_\_. NBR 9779: *Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade*. Rio de janeiro, Abril. 1995.
9. \_\_\_\_\_. NBR 13276: *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação da consistencia*. Rio de Janeiro, 2002.
10. \_\_\_\_\_. NBR 13279: *Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à compressão*. Rio de janeiro, Abril. 1995.
11. Cabral, A. E. B. *Avaliação da Eficiência de Reparos no Combate à Iniciação e à Propagação da Corrosão da Armadura por Cloretos*. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do rio Grande do Sul. Porto alegre – RS, 2000, p.49.
12. Kulakowski, M. *Contribuição ao estudo da carbonatação em concretos e argamassas compostos com adição de sílica ativa*. Tese de Doutorado. Porto Alegre, 2002. 180p.
13. Kelham, S. *A water absorption test for concrete*. Magazine of Concrete Research, v. 40, n. 143, p. 106-110, June 1988.
14. Ohamay, Y. *Principle of letex modification and some typical properties of látex-modified mortars and concretes*. ACI Materials Journal, nov/dec, 1987, p. 511-518.