

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ARGAMASSA NO TRANSPORTE DE CLORETOS

Munique S. LIMA (1); Gibson R.MEIRA (2);Raphael LIRA(3)

(1) CEFET-PB, Rua Dom Bosco -1070 Cristo Cep 58070470 João Pessoa –PB e-mail: munique10@gmail.com

(2) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, e-mail: gibson@jpa.neoline.com.br

(3)Universidade Federal da Paraíba, e-mail: raphaelelira@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes dosagens de argamassa utilizadas pelas construtoras da cidade de João Pessoa – PB, como barreira protetora em relação à penetração de cloreto no concreto. A pesquisa realizou-se essencialmente em laboratório tendo como variáveis independentes analisadas, a dosagem das argamassas de revestimento e o tempo de exposição ao ensaio acelerado, como variável dependente a concentração de cloretos nos materiais empregados. Os corpos-de-prova analisados foram moldados em formas prismáticos de 4x4x16 cm., empregando-se o cimento CP V ARI e cal CH I. Os ensaios acelerados foram realizados através de ensaios de difusão em soluções de NaCl com concentrações de 1M e 0,5M e duração de 20 dias. Após o período de ensaio acelerado os corpos-de-prova foram retirados de ensaio para extração de amostras e posterior determinação das concentrações de cloretos através da técnica de titulação potenciométrica. Com estes ensaios será possível traçar os perfis de cloretos.

Palavras-chave: argamassa, transporte de cloretos, revestimento.

1. INTRODUÇÃO

A degradação de estruturas de concreto em ambiente marinho tem sido objeto de estudo de muitos centros de pesquisas. Tais estudos se intensificaram nos últimos trinta anos e hoje abordam temas relacionados às características dos materiais e ao ambiente. Atualmente se aceita que, ao se projetar uma estrutura, as características de durabilidade dos materiais em questão devam ser avaliadas com o mesmo cuidado que aspectos como propriedades mecânicas e custo inicial. Uma vez que durabilidade sob um conjunto de condições não significa necessariamente durabilidade, sob outro conjunto, costuma-se incluir uma referência geral ao ambiente ao se definir durabilidade (MEHTA, 1994).

Segundo Brandão (1998), a evolução da tecnologia dos materiais, observada nos últimos anos, conduziu a um aumento das resistências, principalmente do concreto. Inúmeros são os pesquisadores que realizam estudos no sentido de desenvolver técnicas para obtenção de concretos com melhor desempenho, seja em termos de baixa permeabilidade e porosidade, como em termos de maior ductilidade e resistência. Sendo assim importante o estudo dos mecanismos de deterioração das estruturas e dos materiais que as compõem, indicando-se as condições que propiciam o seu desencadeamento e apontando-se as medidas preventivas mínimas.

Os processos físicos e químicos que podem afetar a durabilidade das estruturas de concreto têm dois fatores predominantes: os mecanismos de transporte através dos poros e das fissuras e a presença de água.

Os cloretos do ambiente podem penetrar no concreto através dos mecanismos clássicos de penetração de água e transporte de íons. Os cloretos com maior potencial de agressão estão na forma dissolvida em água. Como sólido, na forma de cristal, não é potencialmente agressivo porque não difunde para o interior do concreto, a menos que, por ser higroscópico, absorva umidade ambiente e, em solução, possa difundir para o interior do concreto. Quando depositado na superfície do concreto, pela chuva ou por absorção capilar, difusão, permeabilidade ou migração de íons, por ação de um campo elétrico, penetra no concreto, criando a chamada "frente de cloreto" em analogia à "frente de carbonatação", cuja concentração varia da superfície para o interior (PEREIRA, 2001).

Segundo Kroöp (1995), os principais mecanismos de transporte de cloretos no concreto são absorção capilar, difusão iônica, permeabilidade e migração iônica.

A absorção capilar é um fenômeno, motivado por tensões capilares, que ocorre imediatamente após o contato superficial do líquido com o substrato. A absorção capilar é dependente da porosidade aberta, isto é, dos poros capilares interconectados entre si, mas depende, sobretudo do diâmetro dos poros. Por este processo a solução salina pode penetrar vários milímetros em poucas horas (CASCUDO, 1994).

A difusão iônica acontece devido a gradientes de concentração iônica, seja entre o meio externo e o interior do concreto, seja dentro do próprio concreto. Estas diferenças nas concentrações de concreto suscitam o movimento desses íons em busca do equilíbrio. Sendo este, portanto o mecanismo de transporte predominante dos cloretos no concreto, caso seja resguardada uma certa interconexão dos capilares e haja eletrólito (CASCUDO, 1994).

A permeabilidade representa a facilidade (ou dificuldade) com que dada substância transpõe um dado volume de concreto, quando submetido a diferenças de pressão. Como ela está relacionada com a interconexão de poros capilares, constitui-se em um fator de fundamental importância para que haja o transporte iônico via penetração de substâncias líquidas, como a já mencionada absorção capilar. (CASCUDO, 1994)

Meijers et al.(2005) afirma que a absorção capilar, seguida pela difusão, é o procedimento que causa rápida penetração dos íons para o interior do concreto.

De acordo com a bibliografia pesquisada, percebe-se que na maioria dos casos, as estruturas são analisadas através de simulações que expõem o concreto a condições naturais de uso ou a ambientes criados através de ensaios acelerados, sem nenhuma proteção física adicional em ambos os casos. Todavia, o que acontece na grande maioria das obras inseridas no perímetro urbano é a utilização do concreto armado aliada a vários tipos de revestimento o que funcionam como barreira física para penetração dos íons cloretos.

Estudar o transporte dos íons cloretos no concreto aliado a essa barreira protetora de argamassa, permitirá análises cada vez mais próximas da realidade e, conseqüentemente, soluções cada vez mais eficazes para os casos de patologias em concreto que envolva a ação deletéria destes íons.

2. METODOLOGIA

Antes de caracterizar o material em estudo, argamassa, fez-se necessário uma seleção criteriosa dos materiais que a compõe a fim de obter uma menor porosidade nos corpos-de-prova (CPs) a serem moldados. A cal empregada em duas das dosagens em estudo é a cal cálcica CH I, para este componente da argamassa foi determinada sua massa unitária, $0,42 \text{ kg/dm}^3$. A água de amassamento utilizada é proveniente da rede pública, nesta não foi realizado nenhum tipo de análise. Com relação ao cimento utilizado optou-se pelo CPV ARI, esta escolha se deu por causa do seu baixo teor de adições. Selecionado o tipo de cimento, uma pequena amostra foi enviada para análise química obtendo o resultado mostrado no quadro a seguir.

Quadro 1 - Análise química do cimento CPV ARI

P.r.	SiO ₂	R.I	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
%	%	%	%	%	%	%	%	%
2.65	20.06	0.46	2.18	5.99	60,48	3.82	0,94	1,09

A areia empregada na preparação da argamassa foi escolhida com base numa comparação entre areias disponíveis e utilizadas no comércio local. Foram realizados ensaios de granulometria, massa unitária e índice de consistência em 9 areias. Dentre estas, dois tipos foram selecionados levando em conta, principalmente, a uniformidade da granulometria e um menor consumo de água para um mesmo valor de espalhamento. Abaixo se pode observar a granulometria e o gráfico que mostra a relação água/material seco versus espalhamento das duas areias selecionadas.

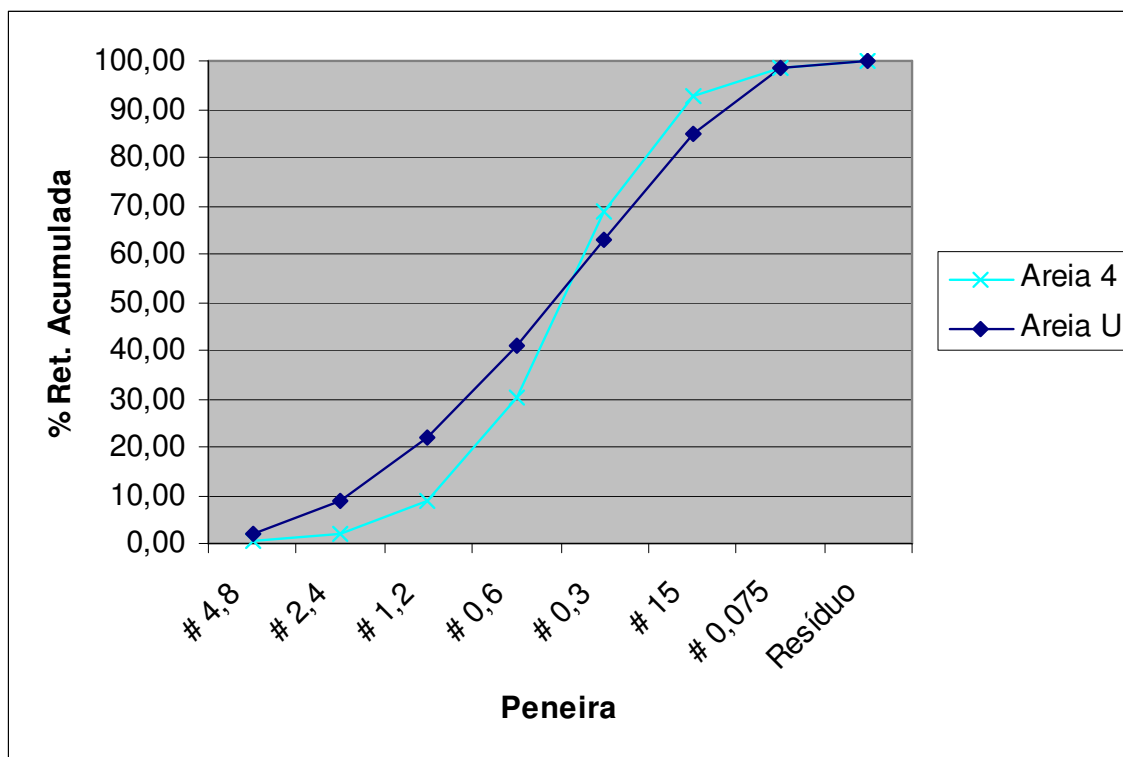


Figura 1 – Curvas granulométricas

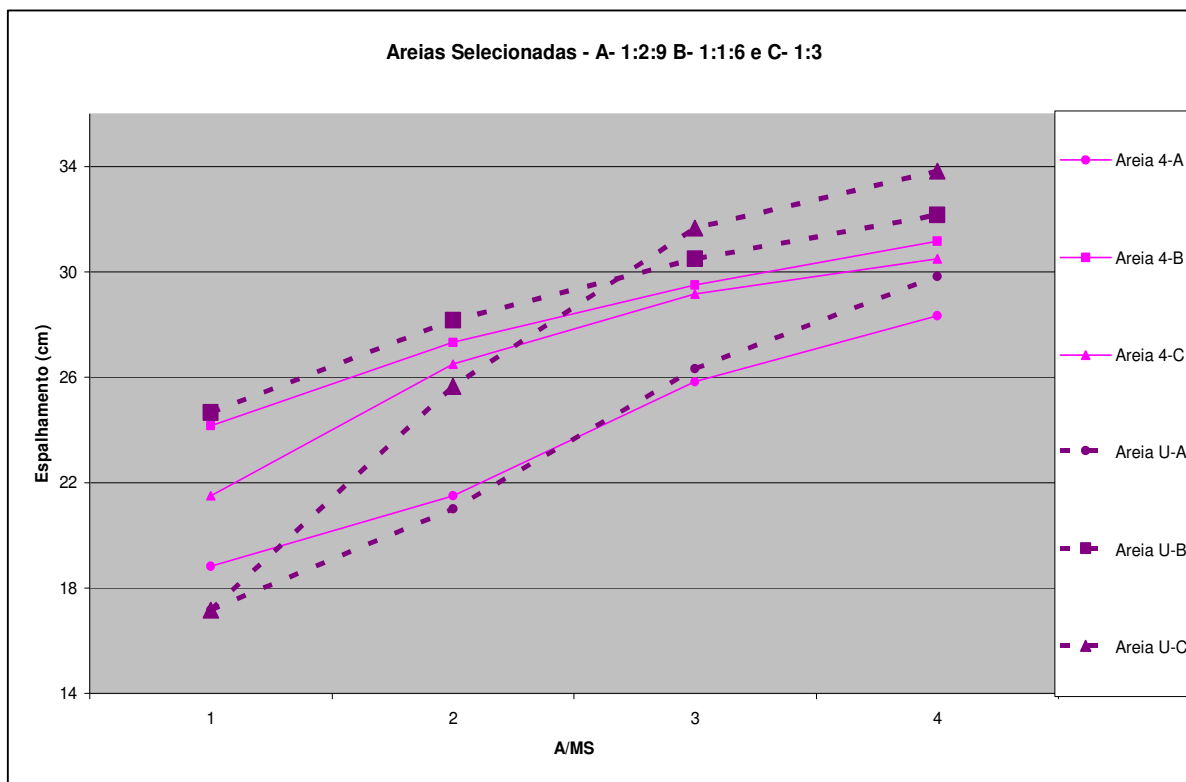


Figura 2 – Relação água/material seco versus espalhamento

Foram moldados CPs com os dois tipos de areia a fim de avaliar sua resistência à compressão segundo norma vigente, NBR 13279 (ABNT,2005), sendo realizadas medidas aos 8, 17 e 23 dias, Figuras 3 e 4. Os CPs foram moldados em três dosagens, aqui indicadas em volume: 1:3, 1:1:6 e 1:2:9.

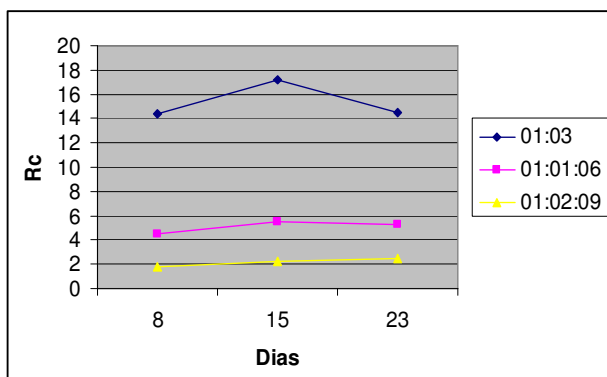


Figura 3 – Relação dias versus resistência à compressão da areia U

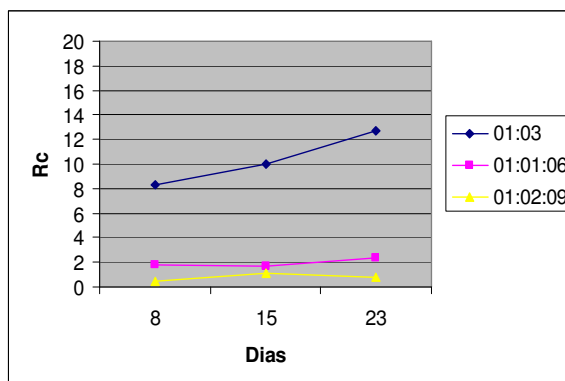


Figura 4 – Relação dias versus resistência à compressão da areia 4

Com base na caracterização do agregado miúdo, dados mostrados acima, optou-se pelo uso da areia U. Esta areia apresenta granulometria mais contínua, consumo de água (para um mesmo espalhamento) próximo ao apresentado pela areia 4 e resistência à compressão superior. Além disso, a areia U tem acesso facilitado aos pesquisadores. É válido ressaltar que os ensaios realizados com o agregado miúdo visaram a obtenção de uma menor porosidade nos CPs em estudo.

Determinados os materiais a serem utilizados na composição da argamassa, foram moldados CPs de dimensões 4x4x16 cm. Para estes CPs a cura foi de 28 dias. Vencido o período de cura, os CPs receberam uma pintura epóxi em cinco de suas faces, curada por mais 48 horas, deixando apenas uma face livre para a penetração dos íons cloreto durante o ensaio de difusão em solução de NaCl. Estas soluções possuem concentração de 1,0M e 0,5M. Vencida a cura do epóxi, os CPs permaneceram em difusão por um período de 20 dias.

Passado o período de imersão realizou-se a extração de amostras e posterior determinação da concentração de cloretos nas mesmas. Esta determinação foi realizada através da técnica de titulação potenciométrica. Esta técnica permite avaliar a concentração de íons cloretos absorvidos em cada amostra extraída de CPs expostos às soluções com diferentes concentrações e diferentes traços.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos perfis de cloretos mostra que os CPs imersos em solução de NaCl com concentração de 1M, independente da dosagem, possuem maior concentração inicial de cloreto e um maior decréscimo desde a superfície até os 4 cm estudados. Os perfis a seguir deixam explícita essa realidade.

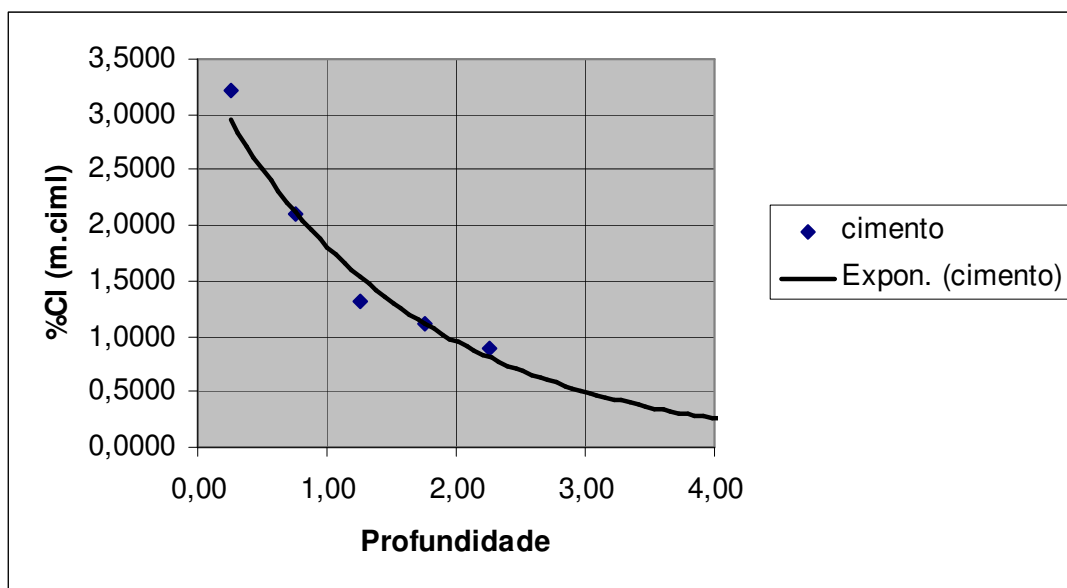


Figura 5 – Dosagem 1:3, concentração 1M NaCl

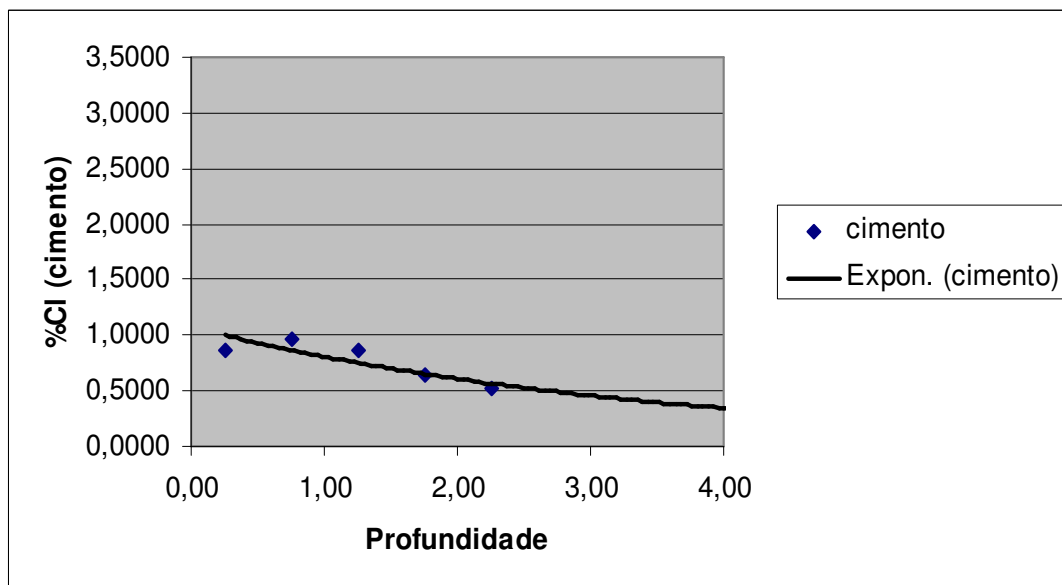


Figura 6 – Dosagem 1:3, concentração 0,5M NaCl

Com relação as diferentes dosagens, o que se observa é a alta concentração de cloretos na superfície e um sutil decréscimo na concentração de cloretos, da superfície até os 4 cm estudados, a medida que a argamassa vai ficando mais pobre. Os perfis mostrados a seguir expressam essa afirmação que é válida tanto para os CPs imersos em solução com concentração de 1M quanto para os imersos em solução com concentração de 0,5M.

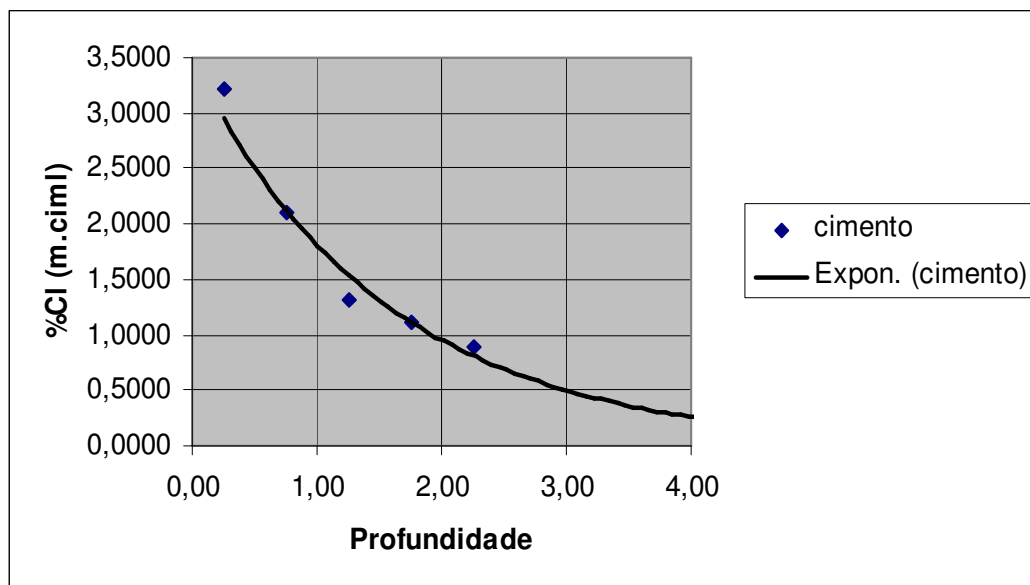


Figura 7 – Dosagem 1:3, concentração 1M NaCl

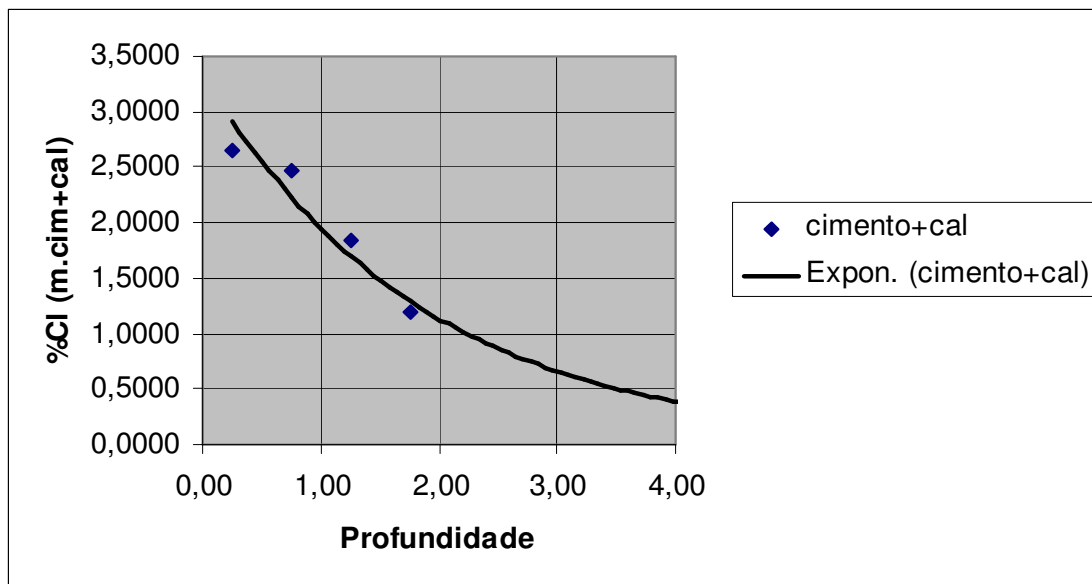


Figura 8 – Dosagem 1:1:6, concentração 1M NaCl

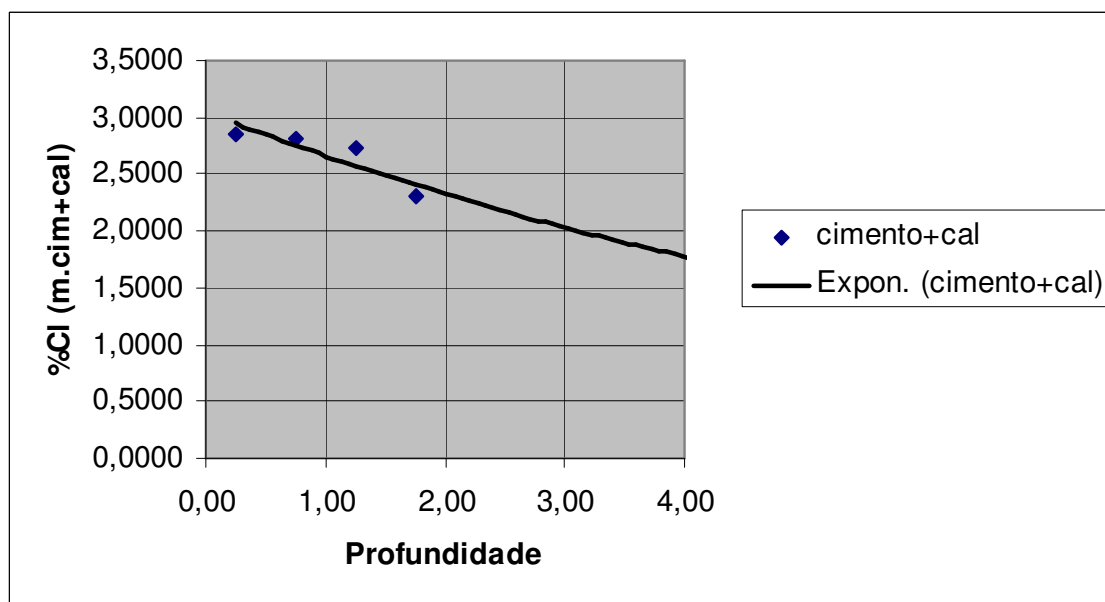


Figura 9 – Dosagem 1:2:9, concentração 1M NaCl

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De posse dos resultados de caracterização dos componentes da argamassa e da caracterização dos próprios CPs de argamassa moldados em diferentes dosagens, observa-se a importância da escolha dos materiais. Neste caso, a escolha do agregado miúdo correto foi de grande importância, pois se buscou conseguir um agregado que concedesse a menor porosidade possível ao CP quando pronto.

No que diz respeito à concentração da solução de imersão dos CPs é fácil constatar a maior concentração cloretos nas argamassas imersas na solução mais concentrada, ou seja, 1M. Verifica-se também que mesmo em dosagens diferentes a concentração superficial de cloretos é elevada e que, à medida que a argamassa possui uma dosagem mais pobre, acontece um sutil decréscimo na diferença de concentração de cloretos no sentido superfície interior.

De modo geral verifica-se a importância de se escolher, do ponto de vista da penetração dos íons cloreto, uma argamassa mais resistente quando utilizada em revestimento externo, onde a exposição a estes íons é perigosa e elevada, em detrimento daquelas usadas nos revestimentos internos, onde a exposição aos íons cloretos é mais branda.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279** : Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão axial. 2005.

BRANDÃO, A.M.S. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: Aspectos relativos ao projeto**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.

CASCUDO, O. **Controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. São Paulo: PINI, 1994.

KRÖOP, J. Chlorides in concrete. In: KROOP, J.; HILSDORF, H.K. (Ed.) **Performance criteria for concrete durability** (report 12 – RILEM). London: E & FN Spon, 1995. p.138-164.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedade e materiais**. PINI, 1994.

MEIJERS, S.J.H. et al. Computational results of a model for chloride ingress in concrete including convection, drying- wetting cycles and carbonation. **Material and Structures**. v.38, p.145-154, 2005.

PEREIRA, L.F.L.C.; Cincotto, M.A.. **Determinação de cloretos em concreto de cimentos Portland : influência do tipo de cimento** – São Paulo: EPUSP, 2001. 19p.- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/294)

AGRADECIMENTOS

À equipe do Laboratório de ENSAIOS DE MATERIAIS E ESTRUTURAS da Universidade Federal da Paraíba (LABEME/UFPB) e ao Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba (CEFET-PB) pelo auxílio no desenvolvimento das atividades gerais do projeto de pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudos.