

Desempenho de argamassas para revestimento de estruturas de concreto armado situadas em ambientes marítimos

Performance of mortars for coating reinforced concrete structures located in marine environments

¹ Thiago Rodrigues Miranda, ² Jorge Luiz Saes Bandeira, ³ Alessandra Buss Tessaro, ⁴ Ingrid Telles Moraes, ⁵ Julio Cesar Pinto Oliveira, ⁶ João Pedro da Silva Viana

¹ Engenheiro Civil – Universidade Federal do Rio Grande (thiagormfurg@gmail.com)

² Professor Titular – Universidade Federal do Rio Grande (jorge-band@hotmail.com)

³ Professora Titular – Universidade Federal do Rio Grande (alessandrabuss@gmail.com)

⁴ Acadêmica do curso de Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande (ingird.telles.moraes@gmail.com)

⁵ Engenheiro Civil - Universidade Federal do Rio Grande (julhao5@hotmail.com)

⁶ Acadêmico do curso de Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande (joaovianaegn@gmail.com)

RESUMO: Pode-se afirmar que o conhecimento sobre como os revestimentos de argamassa possam influir na penetração de íons cloreto, em estruturas de concreto armado, é ainda incipiente, especialmente naquelas situadas em ambientes marítimos com alta exposição a esses agentes agressivos. Nesse contexto, a avaliação do desempenho de argamassas para revestimento pode auxiliar no desenvolvimento de soluções mais eficazes para proteger as estruturas de concreto armado, trazendo vantagens para a indústria da construção civil e para o meio ambiente, visto que, aumentando a durabilidade das estruturas, os custos de manutenção e os danos ambientais diminuem. Sendo assim, este trabalho tem por objetivo verificar o desempenho quanto à penetração de cloretos de argamassa mista composta de cimento e cal hidráulica como aglomerantes, e outra argamassa mista com a substituição de 10% de cimento Portland por cinza proveniente da queima de carvão mineral além de cal hidráulica na mesma proporção da primeira e por fim comparar estes dois traços com estudos similares. Para isso, foram confeccionados corpos de prova e submetidos a ensaios de difusão de cloretos, com variações do grau de saturação (GS) em 100%, 85% e 65%, o que permitiu através de ensaios de titulação potenciométrica, obter os perfis de cloretos de cada amostra. A partir dos achados, observou-se que as amostras possuem adequada resistência mecânica e alta permeabilidade e índices de vazios.

Palavras Chave: Concreto armado. Íons cloreto. Ambientes marítimos. Difusão. Argamassa cimentícia.

ABSTRACT: It can be stated that knowledge about how mortar coatings can influence the penetration of chloride ions in reinforced concrete structures is still incipient, especially in those located in maritime environments with high exposure to these aggressive agents. In this context, evaluating the performance of coating mortars can help in the development of more effective solutions to protect reinforced concrete structures, bringing benefits to the construction industry and the environment, since, by increasing the durability of structures, maintenance costs and environmental damage decrease. Therefore, this work aims to verify the performance regarding the penetration of chlorides in mixed mortar composed of cement and hydraulic lime as binders, and another mixed mortar with the replacement of 10% of Portland cement with ash from burning coal mineral in addition to hydraulic lime in the same proportion of the first one, and finally compare these two traces with similar studies. For that, test specimens were prepared and subjected to chloride diffusion tests, with variations in the degree of saturation (GS) at 100%, 85% and 65%, which allowed, through potentiometric titration tests, to obtain the chloride profiles of each sample. From the findings, it was observed that the samples have adequate mechanical resistance and high permeability and void rates.

Keywords: Reinforced concrete. Chloride ions. Maritime environment. Diffusion; Cementitious mortar.

1. INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto armado em ambientes marítimos estão sujeitas a ação dos cloreto, que podem penetrar na camada de concreto, corroer a armadura de aço e causar danos à estrutura. Gjørv (2015) destaca que em seus estudos encontrou um desafio crucial na indústria da construção: a deterioração precoce e descontrolada de estruturas concreto armado. Liderada por corrosão da armadura, seguida por reação álcali-agregado e congelamento. O autor citou exemplos de obras norueguesas, mostrando corrosão após 10 anos, onde mesmo estruturas marítimas que deveriam ser duráveis exibiram problemas patológicos de corrosão.

A corrosão de armaduras é um processo pelo qual o aço presente no concreto armado se converte em óxido de ferro, sendo impulsorado pela redução do pH devido à carbonatação ou pela presença de cloreto. Vaghetti (2005), ressalta que as manutenções periódicas de estruturas de concreto armado ou pretendido deveriam ser responsabilidade dos construtores, visto que os custos podem atingir grandes somas.

Neste sentido, a corrosão da armadura devido à ação dos íons cloreto é apontada como um dos mais sérios problemas à durabilidade das estruturas de concreto armado (CHIARADIA, 2023).

Segundo Machado (2019), a International Zinc Association, em colaboração com a Universidade de São Paulo (USP), realizou um estudo em 2015 e ficou destacado que o Brasil desprende anualmente cerca de R\$ 236 bilhões, correspondendo a 4% do Produto Interno Bruto (PIB), para a recuperação de obras degradadas de concreto armado.

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), em condições de exposição adversas devem ser tomadas medidas especiais de proteção e conservação, tais como: aplicação de revestimento hidrofugantes e pinturas impermeabilizantes sobre as superfícies do concreto, revestimentos de argamassas, de cerâmicas ou outros sobre a superfície do concreto, galvanização da armadura, proteção catódica das armaduras e outros.

Neste contexto, as estruturas de concreto armado situadas na orla marítima de centros urbanos, geralmente, são revestidas por argamassa ou placas cerâmicas. Esse revestimento pode colaborar para protegê-las contra agentes agressivos (MALHEIRO et al., 2011).

Sato (1998) relata que para diminuir o transporte de agentes potencialmente causadores de corrosão, deve-se diminuir a porosidade a fim de controlar a taxa de penetração de água, pois os agentes são transportados para o interior através da umidade. Bandeira (2015) verificou que o grau de saturação do concreto tem grande influência na penetração dos íons cloreto.

Ainda Sato (1998) ressalta que para proteger a armadura contra corrosão deve-se utilizar revestimentos aplicados sobre o concreto, proporcionando uma barreira para evitar a passagem de agentes agressivos os quais tendem a comprometer a integridade estrutural. Mota et al. (2009), cita que a ação dos íons cloreto nas estruturas de concreto armado é considerada a mais agressiva, relacionando-a com os seus custos para manutenção e prevenção.

As Normas Nacionais e Internacionais para Estruturas de Concreto Armado, com exceção da Norma Espanhola (EHE-08), não consideram a influência que os revestimentos argamassados possam ter na proteção da estrutura.

Portanto, o estudo para a busca de argamassas para revestimento de estruturas de concreto armado com capacidade de amenizar os efeitos do ambiente marítimo, se torna um tema relevante, visto que pode contribuir para o desenvolvimento de soluções mais eficientes e duráveis para proteger as estruturas de concreto armado. Além disso, traz benefícios para a preservação ambiental, já que o aumento da durabilidade das estruturas contribui para a redução dos impactos ambientais e dos custos de manutenção. O objetivo desta pesquisa é

desenvolver e avaliar argamassas de revestimento que apresentem propriedades que minimizem os danos pelo ambiente circundante, que aumentem a durabilidade e a eficiência das estruturas de concreto armado expostas a estas condições.

2. MATERIAIS E MÉTODO

Foram realizados ensaios de caracterização das matérias primas. Para os agregados foi realizado a determinação da composição granulométrica pela NBR 17054 (ABNT, 2022). Para a areia fina a curva granulométrica está expressa na Figura 1 e apresenta módulo de finura 2,47. A areia média está expressa na Figura 2 e apresenta módulo de finura 2,62.

Figura 1 – Curva granulométrica da areia fina

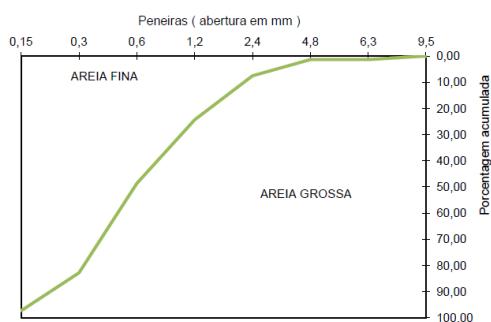
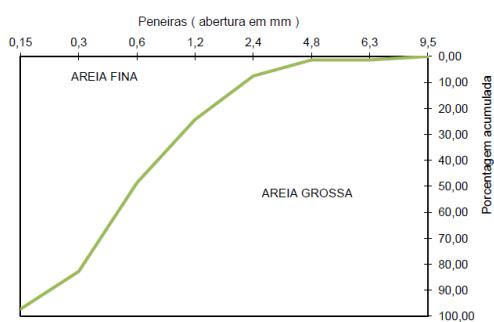


Figura 2 – Curva granulométrica da areia média



Para a massa unitária foi utilizada a NBR 16972 (ABNT, 2021) e o resultado para a areia fina foi de $1,35 \text{ g/cm}^3$ e para a areia média foi de $1,47 \text{ g/cm}^3$. Para a massa específica foi utilizada a NBR 16916 (ABNT, 2021) e o resultado para a areia fina foi de $2,62 \text{ g/cm}^3$ e para a areia média foi de $2,56 \text{ g/cm}^3$.

Os aglomerantes foram caracterizados pela NBR 16605 (ABNT, 2017). O cimento (CP IV- 32) apresentou massa específica de $2,67 \text{ g/cm}^3$, a cal hidráulica $2,57 \text{ g/cm}^3$ e a cinza (proveniente da queima de carvão mineral da termoelétrica de Candiota-RS) obteve $2,02 \text{ g/cm}^3$.

Foram confeccionados dois traços de argamassa, uma referência sem cinza e outro com adição de cinza. O ensaio realizado no estado fresco foi de determinação do índice de consistência pela NBR 13276 (ABNT, 2016), e no estado endurecido ensaio de resistência à tração na flexão e à compressão pela NBR 13279 (ABNT, 2005a), enquanto a determinação da absorção de água por capilaridade é realizada pela NBR 15259 (ABNT, 2005b). A determinação da absorção de água por imersão total, índice de vazios e massa específica foi pela NBR 9779 (ABNT, 20012).

O estudo abordou a determinação dos graus de saturação em amostras de argamassa por meio do método de saturação por imersão, seguido por um processo de fervura em água destilada. O monitoramento da estabilidade da massa durante a saturação assegurou variações inferiores a 0,5% em 24 horas. O objetivo foi atingir uma saturação completa de 100%, mantendo as amostras submersas para evitar contaminação. Adicionalmente, foram obtidos graus de saturação de 65% e 85% por meio da secagem das amostras em estufa a 50°C . O procedimento detalhado oferece uma abordagem sistemática para a obtenção de diferentes graus de saturação em amostras de argamassa, fornecendo informações cruciais para análises e procedimentos subsequentes.

Os corpos de prova (CPs) de argamassa foram submetidos a um processo de difusão iônica. Esse procedimento envolve a aplicação de uma camada de cloreto de sódio (NaCl) moído sobre uma das superfícies dos CPs. Os procedimentos desta etapa seguem a metodologia empregada nas pesquisas de Bandeira (2015).

A introdução do cloreto de sódio nos corpos de prova de argamassa foi realizada depositando uma quantidade determinada de NaCl em uma das superfícies planas das amostras, deixando aproximadamente 10mm de espaço entre o sal e a borda. Essa área de margem tem o objetivo de evitar que o agente contaminante se espalhe, o que poderia afetar a penetração do cloreto de acordo com a direção unidirecional planejada.

Após a contaminação dos CPs de argamassa, eles foram ensacados de forma individual e acondicionados em um recipiente fechado com temperatura controlada de $23\pm2^{\circ}\text{C}$. Para manter a umidade relativa dos CPs os recipientes foram preenchidos com água até uma distância de 20mm abaixo do nível dos mesmos.

O processo de extração dos cloretos foi iniciado removendo as amostras de seu acondicionamento, retirando fita e excesso de NaCl, e em seguida, as amostras foram pesadas para determinar o teor de cloreto final. Combinando essa pesagem com a realizada antes da contaminação, foi possível calcular o teor médio de cloreto. O próximo passo envolveu o lixamento da superfície contaminada para evitar discrepâncias nos valores de cloreto, causadas pelo excesso de NaCl. Após a limpeza, as amostras foram submetidas a um equipamento especializado para a extração do material, que foi posteriormente ensacado para a realização do ensaio de titulação potenciométrica. Este procedimento visa garantir a precisão na determinação do teor de cloreto nas amostras, fornecendo dados confiáveis para análises subsequentes.

Através dos ensaios de potenciometria obteve-se o perfil de penetração dos cloretos, determinando-se também o coeficiente de difusão de cada amostra, através do material pulverizado na etapa de extração. A partir dos perfis obtidos foram determinados os valores dos coeficientes de difusão (D) e da concentração superficial (Cs).

3. RESULTADOS/ DISCUSSÕES

Nos testes de tração na flexão, foram utilizados 3 CPs prismáticos de 4x4x16cm, com área de 64cm², os testes foram realizados aos 28 dias.

Para o traço TR-1 obteve-se os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados ensaio de tração na flexão TR-1.

TR-1	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
CP1	64,00	0,116
CP2	64,00	0,120
CP3	64,00	0,132
Média	-	0,123

Para o traço TR-2 obteve-se os resultados apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Resultados ensaio de tração na flexão TR-2.

TR-2	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
CP1	64,00	0,465
CP2	64,00	0,123
CP3	64,00	0,108
Média	-	0,232

Pela resistência média entre os CPs, pode-se verificar que o TR-2 apresenta melhor resultado em relação a resistência à tração na flexão. Em Bandeira (2022) foram obtidos resultados superiores à tração na flexão.

Os testes compressão uniaxial foram realizados com os corpos de prova prismáticos com dimensões 4x4x4cm. Ressalta-se que foram realizados com 28 dias de cura. Para TR-1 obteve-se os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados ensaio de compressão uniaxial TR-1.

TR-1	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
CP1	16,00	7,150
CP2	16,00	6,780
CP3	16,00	7,000
Média	-	6,977

Para TR-2 obteve-se os resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados ensaio de compressão uniaxial TR-2.

TR-2	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
CP1	16,00	8,640
CP2	16,00	8,450
CP3	16,00	7,390
Média	-	8,160

Analizando os dois traços de argamassa, pode-se dizer que o TR-2 demonstrou um desempenho superior aos 28 dias em termos de resistência à compressão quando comparado ao TR-1. Os resultados se mostraram superiores aos encontrados em Bandeira (2022). Ainda se comparou com o traço utilizado por Jamarim (2015), onde o mesmo utiliza cal hidráulica e virgem, e os resultados do presente projeto para TR-1 e TR-2 foram superiores as demais metodologias.

No ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade primeiramente verificou-se o peso seco de cada corpo de prova, após isso, o peso foi verificado após 3h, 6h, 24h, 48h e 72h em contato com a água destilada, com lâmina de aproximadamente 5mm, assim, pode-se analisar a quantidade de água absorvida pelos CPs ao longo do tempo. A Tabela 5 mostra os resultados obtidos para TR-1 e TR-2.

Tabela 5 - Resultados dos testes de absorção por capilaridade.

CP	Absorção (g/cm ²)	Média (g/cm ²)
TR1-2	2,17	
TR1-5	2,20	2,18
TR1-6	2,17	
TR2-1	2,30	
TR2-3	2,20	2,33
TR2-4	2,48	

A partir dos dados obtidos, pode-se dizer que o Traço 2 (TR-2) possui maior absorção de água por capilaridade que o TR-1. Comparando com Bandeira (2022) e Malheiro (2008) pode-se dizer que os traços do presente trabalho são inferiores, possuindo maior absorção por capilaridade.

A absorção total foi utilizada para se obter o GS de cada parte. Por meio da Tabela 6 pode-se observar os resultados para cada traço.

Tabela 6 - Resultados dos testes de absorção total.

CP	Massa Nat. (g)	Massa Seca Estufa (g)	Massa Sat Imersão (g)	Massa Sat Fervura (g)	Absorção Total (%)	Absorção Média (%)
TR-1 AA	753,60	711,65	800,00	813,70	14,34	13,88
TR-1 BA	760,00	721,92	806,60	819,20	13,48	
TR-1 CA	714,50	678,75	761,70	772,60	13,83	
TR-2 AA	689,00	643,65	722,60	735,20	14,22	
TR-2 BA	684,40	632,36	715,60	727,70	15,08	14,65
TR-2 CA	762,10	681,70	789,60	801,00	17,50	

Os resultados foram comparados com Bandeira (2015), Bandeira (2022) e Malheiro (2008), encontrando resultados inferiores aos autores, tendo-se uma maior absorção total.

Foram utilizadas 3 amostras de cada GS para o ensaio de difusão para cada traço, utilizando-se 2 para determinar o perfil de cloreto e a terceira como reserva. Pode-se dizer que os perfis de cloreto apresentaram continuidade para todos os GS. Por conseguinte, seguiu-se com os demais passos, com a contaminação, difusão e extração, nesses passos utilizando uma amostra por GS. Exibe-se nas Figura 3 a os perfis de cloreto obtidos para TR-1 e TR-2.

Figura 3 - Perfil de cloreto GS 65% (TR-1).

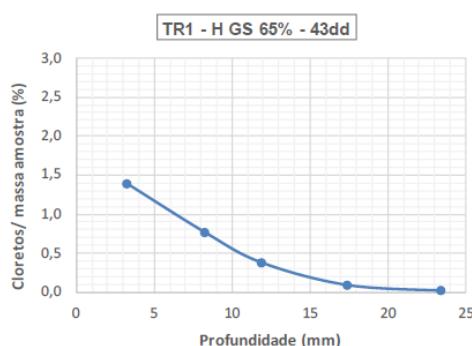


Figura 4 - Perfil de cloreto GS 85% (TR-1).

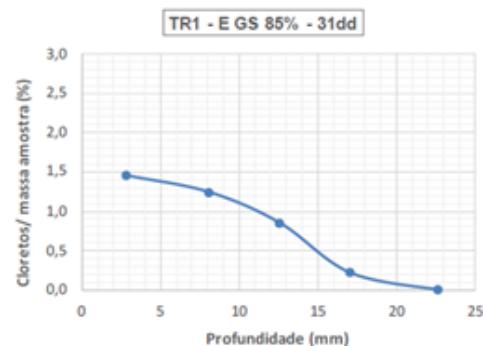


Figura 5 - Perfil de cloreto GS 100% (TR-1).

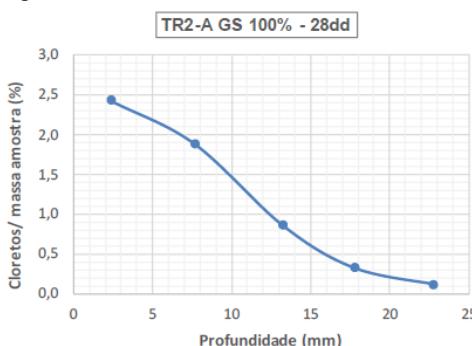


Figura 6 - Perfil de cloreto GS 65% (TR-2).

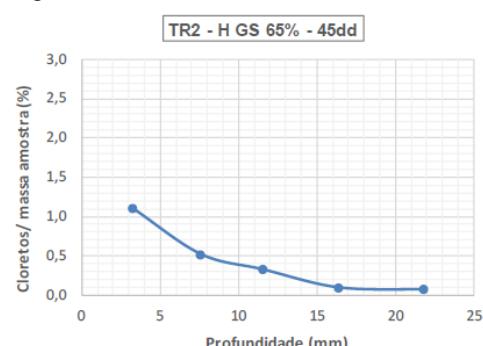


Figura 7 - Perfil de cloreto GS 85% (TR-2).

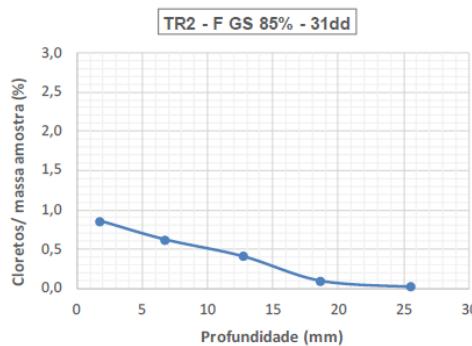
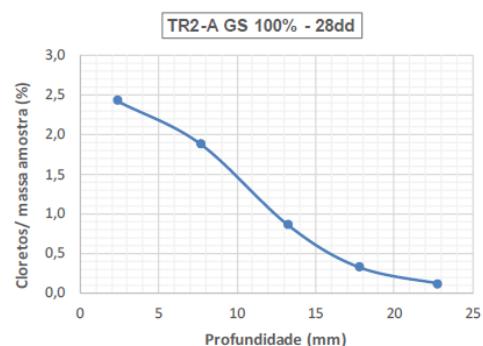


Figura 8 - Perfil de cloreto GS 100% (TR-2).



Verificou-se que os níveis de concentrações de cloretos, comparando-se com os perfis obtidos para os dois traços, são equivalentes as propriedades de cada amostra, sendo que o TR-2 possui maior porosidade, nos ensaios de absorção TR-2 apresentou valores maiores do que o TR-1, como também, nos ensaios para GS e em estudos de outros pesquisadores como Bandeira (2015), Bandeira (2022) e Malheiro (2008). Os valores obtidos para absorção na imersão e absorção por capilaridade se mostraram maiores do que nos estudos empregados pelos autores supracitados.

As Figuras 9 a 14 apresentam os gráficos obtidos pela modelagem para ajuste dos perfis de concentração de cloretos, assim determinando-se o coeficiente de difusão (D) e a concentração inicial (C_s).

Figura 9 - Perfil de cloretos após ajustes para TR1 – A GS 100% - 21dd.

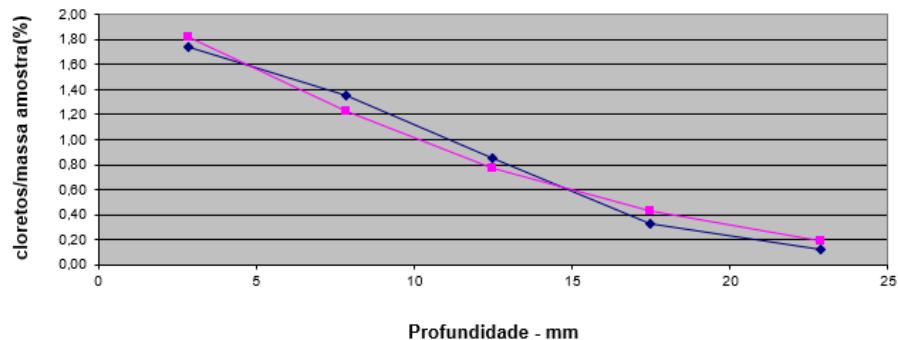


Figura 10 - Perfil de cloretos após ajustes para TR2 – A GS 100% - 21dd.

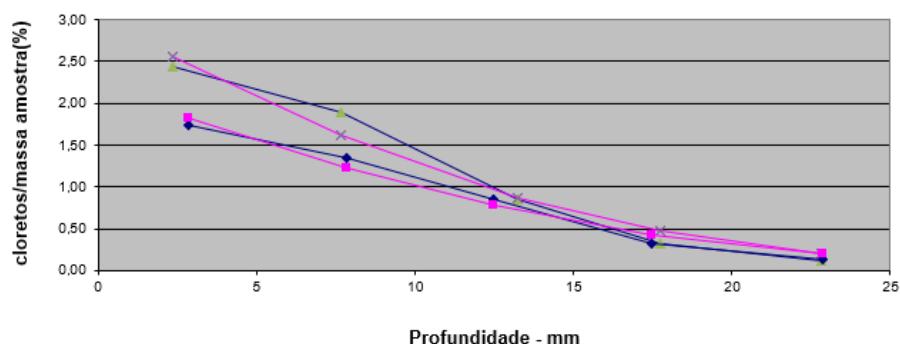


Figura 11 - Perfil de cloretos após ajustes para TR1 – E GS 85% - 31dd.

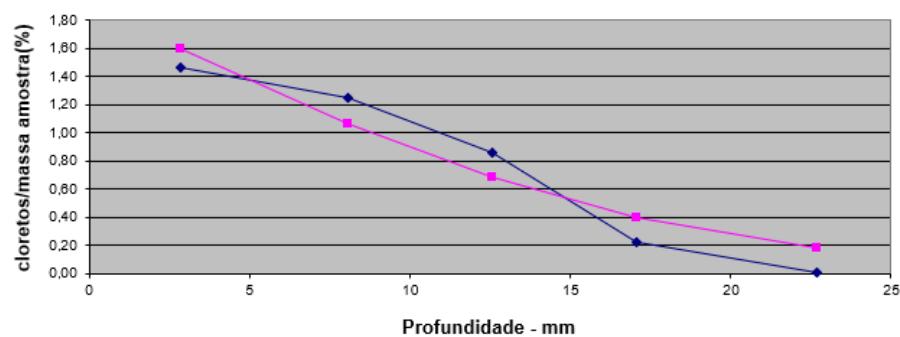


Figura 12 - Perfil de cloretos após ajustes para TR2 – F GS 85% - 31dd.

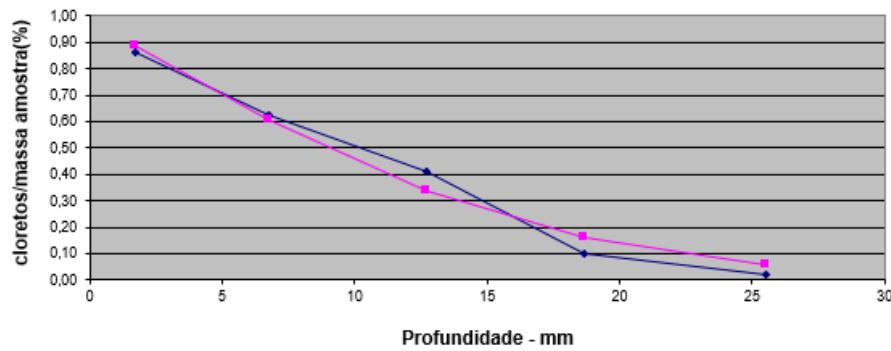


Figura 13 - Perfil de cloretos após ajustes para TR1 – H GS 65% - 43dd.

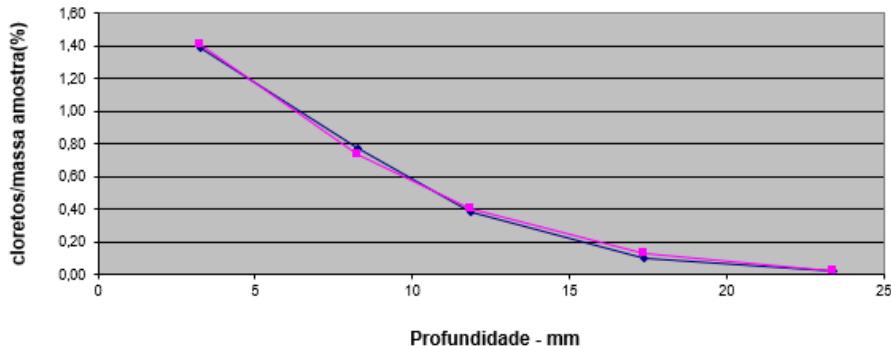
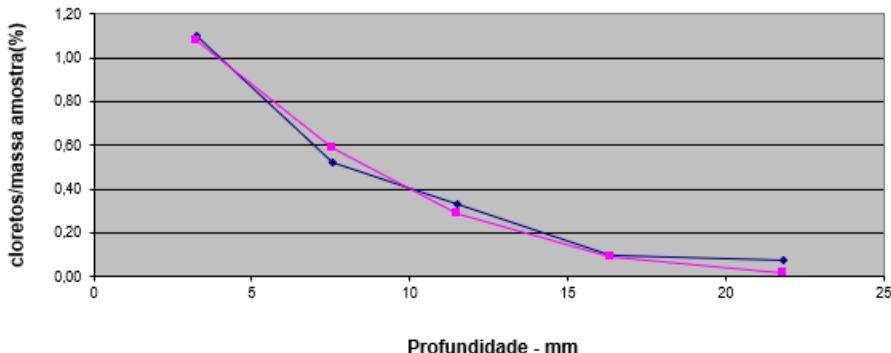


Figura 14 - Perfil de cloretos após ajustes para TR2 – H GS 65% - 45dd.



Na Figura 15 são apresentados os valores obtidos de D e Cs para os CPs de argamassa, obtidos a partir do ajuste nos perfis de concentração de cloretos.

Figura 15 - Valores de D, Cs, Dmédio; D/Dmáx e Gsmédio.

Tipo CP	Tempo (dd)	Cs (%mas amost)	D ($10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$)				D/Dmáx	GS MÉDIO (%)
			D	Dm	D	Dm		
TR1-A	21	1,74	50,05	50,05	1579,36	1579,36	1	100
TR1-E	31	1,46	34,47	34,47	1087,67	1087,67	0,69	85
TR1-H	43	1,39	12,01	12,01	378,87	378,87	0,24	65
TR2-A	28	2,43	32,28	32,28	1018,74	1018,74	1	100
TR2-F	31	0,86	33,37	33,37	1053,01	1053,01	1	85
TR2-H	45	1,1	9,89	9,89	312,03	312,03	0,31	65

Legenda: a) tempo: tempo de duração da difusão dos cloretos pela amostra; b) Cs: concentração inicial; c) D: coeficiente de difusão; d) Dm: média dos valores do coeficiente de difusão de cada amostra; e) D/Dmáx: relação entre o coeficiente de difusão médio de cada GS e o coeficiente de difusão para GS de 100%; f) Gsmédio: grau de saturação durante processo de difusão, dado pela média entre o GS do início do processo e o GS do fim.

Os valores obtidos para o coeficiente de difusão são melhores que os obtidos por Bandeira (2022) relacionando apenas os CPs de argamassa, o mesmo utilizou traço diferente desta pesquisa, que difere na utilização de cal hidráulica e cinza da queima de carvão.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa mostra que embora o traço TR2 tenha demonstrado uma resistência mecânica superior, o traço TR1 exibiu vantagem no que se refere à porosidade, um fator crítico para a durabilidade das estruturas de argamassa. Comparando os coeficientes de difusão, conclui-se que TR-2 apresentou maior resistência ao ataque de cloreto tendo menor coeficiente de difusão, no que se refere a penetração/tempo.

As análises experimentais e resultados foram comparados com as pesquisas de Bandeira (2015), Bandeira (2022) e Malheiro (2008), chegando a resultados inferiores na questão de penetração pelos íons cloreto, de fato, pode-se dizer que o GS interfere nesse contexto, sendo que quanto menor o GS menor foi o coeficiente de difusão obtido, ou seja, quanto menor o GS menor será a rapidez com que os íons cloreto se espalharão entre as camadas.

Ainda comparando com os autores supracitados, chegou-se a resultados referentes a resistência mecânica superiores às pesquisas em questão, tanto para TR-1 quanto TR-2 com isso, conclui-se que os traços podem ser utilizados em projetos que se priorize pela resistência mecânica, sendo necessários novos estudos para utilização como camada protetora contra ação de íons cloreto.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto armado. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecido -Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

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. Rio de Janeiro, 2005a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos –Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 16605**: Cimento Portland — Determinação dos tempos de pega. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916**: Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17054: Agregados - Determinação da composição granulométrica -Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2022.

BANDEIRA, J. L. S. **Desempenho de concreto saturado e não saturado executado com cimento ARI-RS 52,5 MPa, com e sem adições, frente ao ataque de cloretos.** 220f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2015.

BANDEIRA, J. L. S. **Desenvolvimento de um Método para a Avaliação da Influência do Revestimento Argamassado no Ataque de Cloretos às Estruturas de Concreto Saturado e Não Saturado.** 2022. 292f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

CHIARADIA, L.C. Influência da temperatura na resistividade elétrica e na cinética de corrosão da armadura de concretos contaminados com cloretos. 137f. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

GJFRV, O. E. **Projeto de durabilidade de estruturas de concreto em ambiente de severa agressividade.** Rev. técnica Enio Pazini Figueiredo e Paulo Helene; Leda Maria Beck (trad). São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

JAMARIM, Vanessa Marconi. **Estudo comparativo de propriedades físicas e mecânicas de argamassas produzidas com cal virgem, hidratada e líquida.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MACHADO, A.P. **Estudo Avaliativo Sobre A Corrosividade De Solos Amazônicos Por Meio De Análises Geotécnicas, Químicas E Microbiológicas.** 81f. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

MALHEIRO, R. L. M. C. **Influência do Revestimento de Argamassa no Transporte de Cloretos em Estruturas de Concreto Armado Inseridas no Meio Urbano.** João Pessoa, 2008. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Escola de Engenharia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

MALHEIRO, R.; MEIRA, G.; LIMA, M.; PERAZZO, N. Influence of mortar rendering on chloride penetration into concrete structures. **Cement & Concrete Composites**, v. 33, n. 2, p. 233-239, fev. 2011.

MOTA, JM F; PONTES, R. B; CANDEIAS NETO, J.. A; OLIVEIRA, M. F; ALMEIDA, H.T; CARNEIRO, SOU P. **Análise das Patologias em Estruturas de Concreto na Zona Litorânea da Cidade de Recife-ES.** X Congresso Latino-americano de Patologia – CONPAT. Valparaíso – Chile. 2009.

SATO, N. **Análise da Porosidade e de Propriedades de Transporte de Massa em Concretos.** 163f. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

VAGHETTI, M.A.O. **Estudo da corrosão do aço, induzida por carbonatação, em concretos com adições minerais.** 286f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

