

PENETRAÇÃO DE CLORETOS EM CONCRETOS COM CIMENTO POZOLÂNICO: APLICAÇÃO DOS MÉTODOS ASTM C1202 E NT BUILD 492

Félix Krolow Sell Junior¹; Gustavo Bosel Wally²; Matheus Lourenço Morais³; Angelina Rubira de Mattos⁴; Fernando Ritiéle Teixeira⁵; Fábio Costa Magalhães⁶

Resumo

Os íons cloreto representam uma ameaça à integridade das armaduras em estruturas de concreto armado, sendo de vital importância conhecer o comportamento do concreto frente a ação de íons cloreto, com o intuito de determinar a adequação desse concreto ao ambiente onde será utilizado, prever a vida útil e propor intervenções corretivas nas estruturas. Um dos fatores mais importantes para o desempenho das estruturas de concreto é sua durabilidade, estando a mesma diretamente relacionada com a qualidade do concreto empregado. Assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar a penetração de íons cloreto em traços de concreto. Para tanto, adotou-se três traços de concreto produzido com cimento CP IV-32, a partir da dosagem do IPT, sendo investigado o comportamento dos concretos frente à penetração de íons cloreto através do ensaio ASTM C1202 e NT Build 492. Como esperado, os resultados demonstraram um aumento da resistência à penetrabilidade e difusão de íons cloreto em concretos com menor relação água/cimento, nessa situação se tem naturalmente uma porosidade mais baixa do concreto. Ainda foi realizada uma comparação entre os ensaios da ASTM C1202 e NT Build 492, de modo a constatar as possíveis diferenças dos resultados obtidos nos dois métodos de ensaios acelerados de avaliação da penetração de íons cloreto.

Palavras-chave: Concreto; Penetração de íons cloreto; Ambiente agressivo.

Abstract

Chloride ions represent a threat to the integrity of reinforcement in reinforced concrete structures. It is of vital importance to know the behavior of concrete against the action of chloride ions, in order to determine the adequacy of this concrete to the environment where it will be used, to predict the useful life and propose corrective interventions in the structures. One of the most important factors for the performance of concrete structures is their durability, being the same directly related to the quality of the concrete used. Thus, this work had as objective to evaluate the penetration of chloride ions in concrete traces. For this, three traces of concrete produced with CP IV-32 cement were adopted from the IPT dosage, and the behavior of the concretes against the penetration of chloride ions was tested through ASTM C1202 and

¹ Mestrando pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica pela Universidade Federal do Rio Grande-FURG. E-mail: felixsell@gmail.com.

² Mestrando pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica pela Universidade Federal do Rio Grande-FURG. E-mail: gustavo.wally@gmail.com.

³ Bolsista de Iniciação Científica pelo Laboratório de Estruturas e Materiais de Construção Civil – LEMCC do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS, campus Rio Grande. E-mail: matheuslmtb@gmail.com.

⁴ Bolsista de Iniciação Científica pelo Laboratório de Estruturas e Materiais de Construção Civil – LEMCC do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS, campus Rio Grande. E-mail: ang.mattos@gmail.com.

⁵ Engenheiro Civil, Laboratório de Estruturas e Materiais de Construção Civil – LEMCC do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS, campus Rio Grande. E-mail: fernandoteixeira5400@gmail.com.

⁶ Professor responsável pelo Laboratório de Estruturas e Materiais de Construção Civil – LEMCC do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS, campus Rio Grande. E-mail: fabiocmagalhaes@gmail.com.

NT Build 492. As expected, the results showed an increase in the resistance to the penetrability and diffusion of chloride ions in concretes with lower water / cement ratio, in this situation if there is naturally a lower porosity of the concrete. A comparison between the tests of ASTM C1202 and NT Build 492 was carried out, in order to verify the possible differences of the results obtained in the two methods of accelerated tests of evaluation of the chloride ions penetration.

Keywords: Concrete; Penetration of chloride ions; Aggressive environment.

Introdução

Nas últimas décadas está ocorrendo, ainda que de forma lenta, uma mudança no entendimento do controle tecnológico do concreto. Até então, o único parâmetro de controle do concreto era a resistência à compressão, hoje já é de conhecimento no meio técnico que apenas o controle desta propriedade não é suficiente para garantir um concreto durável.

Sendo assim, os ensaios de durabilidade são de vital importância para determinar a adequação de um concreto a um respectivo ambiente e contribuir para a avaliação do potencial de durabilidade estrutural. No caso de ambientes marinhos, destacam-se os métodos acelerados de penetração de íons cloreto: ASTM C1202 e NT Build 492. Estes surgiram como uma alternativa efetiva para prever o comportamento de um concreto frente à ação de íons cloreto e auxiliar na estimativa da vida útil das estruturas de concreto armado.

Os métodos mais utilizados para determinar a penetração de cloretos são os métodos de difusão e migração. O método de difusão se baseia na difusão de cloretos no concreto, com ou sem aceleração da velocidade de difusão, com aumento da concentração de cloretos na solução de exposição. Já o método de migração ocorre com aumento da velocidade de penetração de cloretos no concreto por imposição de corrente elétrica. (Guignone, 2017).

O comitê 201 do ACI (1991) define durabilidade do concreto de cimento Portland como sendo sua capacidade de resistir à ação das intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração. Ou seja, para o concreto ser durável ele deverá manter as características definidas na fase de projeto, características essas que foram determinadas em função do meio ambiente onde o concreto será empregado.

Do mesmo modo, o conceito de durabilidade está ligado à vida útil do concreto. Enquanto a durabilidade é uma medida qualitativa do desempenho das estruturas, a vida útil representa quantitativamente o seu desempenho. Em resumo, a vida útil quantifica a durabilidade do concreto, ou seja, ela corresponde ao tempo em que a estrutura consegue atender às exigências preestabelecidas, contado desde o início da sua operação (Martins, 2016).

Segundo GjØrv (2015) existem diferentes processos de deterioração de estruturas de concreto armado que podem causar problemas de durabilidade e de desempenho em ambiente

de severa agressividade. O controle inadequado da penetração do cloreto e a corrosão prematura das armaduras aparece como grande problema para projetos de durabilidade e para operação de estruturas de concreto em ambientes de severa agressividade.

Tendo em vista a necessidade de aprofundamento para uma melhor compreensão dos mecanismos de avaliação do potencial de durabilidade dos concretos, o presente trabalho tem como objetivo avaliar dois métodos acelerados de penetração de íons cloreto. Neste artigo foram estudados os métodos ASTM C1202 e NT Build 492, tendo sido utilizadas três diferentes relações água/cimento. Busca-se entender melhor as estimativas verificadas pelas metodologias, bem como estabelecer uma correlação entre os resultados obtidos. A pesquisa apresentada limita-se à avaliação das metodologias propostas pelas normas de ensaio, sem objetivar a formulação de traços capazes de atender a algum requisito de durabilidade.

1 Metodologia

Para o estudo proposto, foram confeccionados três traços de concreto, que foram avaliados quanto a resistência a penetração de íons cloreto. Realizou-se uma experimentação visando classificar os concretos quanto a durabilidade, a experimentação foi baseada na ASTM C1202 e NT BUILD 492.

1.1 Materiais

Os materiais utilizados para preparação dos diferentes traços de concreto foram areia natural quartzosa média e brita nº 1 provenientes do município de Pelotas/RS. Cimento Portland Pozolânico CP IV-32 apresentado em saco de 50 kg e água potável. A areia foi seca em estufa até constância de massa. A escolha do cimento se deu pelo fato deste ser o tipo de cimento de uso difundido na região sul do Brasil.

1.2 Produção e avaliação dos concretos

Para a dosagem dos concretos utilizou-se a metodologia de dosagem do IPT/EPUSP (HELENE e TERZIAN, 1992). Através de procedimento experimental definiu-se o teor de argamassa seca ideal em 53% ($\alpha = 0,53$). O resumo da composição dos traços é apresentado na tabela 1.

A mistura dos concretos foi feita em betoneira intermitente de eixo inclinado NBR 5738 (ABNT, 2008). Foram moldados corpos-de-prova cilíndricos (10x20 cm).

Tabela 1 - Dosagem traços de concreto

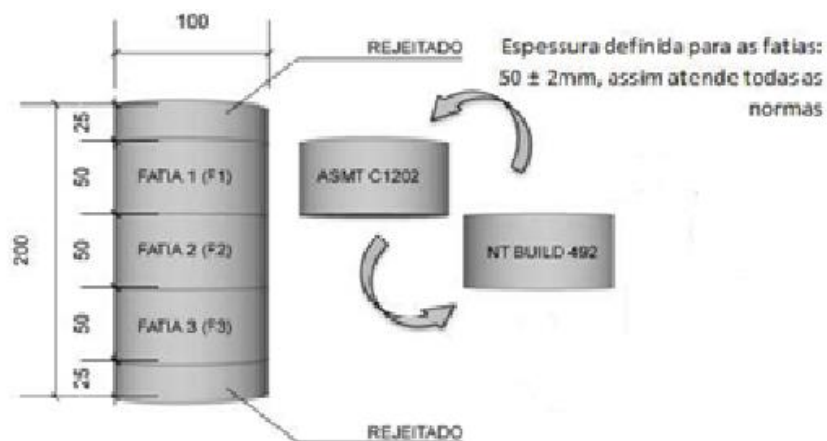
Parâmetros		Traço Rico	Traço Intermediário	Traço Pobre
Traço Unitário		1;3,5	1;4,7	1;6,2
Teor de argamassa		53 %	53 %	53 %
Cimento		1	1	1
Relações	Areia/cimento	1,39	2,02	2,82
	Brita/cimento	2,11	2,68	3,38
	Água/cimento	0,46	0,53	0,65
	Teor de aditivo	0,5 %	0,5 %	0,5 %

Fonte: Autor.

Após a moldagem, os corpos-de-prova foram curados submersos em tanque de água saturado com cal, durante 28 dias, de acordo com as especificações da NBR 5738 (ABNT, 2008).

Para realizar os ensaios de resistência à penetração de íons cloreto foram cortadas fatias de aproximadamente 5 cm dos corpos de prova (10x20 cm). Assim cada fatia utilizada nos ensaios possui medida de 10x5 cm, conforme ilustra a Fig. 1. Suas faces laterais foram impermeabilizadas com resina epóxi, a fim de permitir apenas o fluxo unidirecional de cloretos.

Figura 1 - Detalhe modo de corte das fatias dos corpos prova



Fonte: Fedumentti (2013).

1.3 Ensaios realizados

Para facilitar o entendimento do programa experimental, na tabela 2 são detalhadas todas as propriedades estudadas neste trabalho, bem como a quantidade de amostras – corpos de prova (cps) e as normas utilizadas nos procedimentos.

Tabela 2 - Metodologia dos ensaios realizados

Ensaio	Detalhes	Idade do ensaio	Norma
Compressão em corpos de prova cilíndricos	4 cps por traço	28 dias	NBR 5739 (2007)
ASTM C1202	3 cps por traço	28 dias	ASTM C1202 (2018)
NT Build 492	3 cps por traço	28 dias	NT Build 492 (1999)

Fonte: Autor.

1.3.1 Compressão em corpos de prova cilíndricos

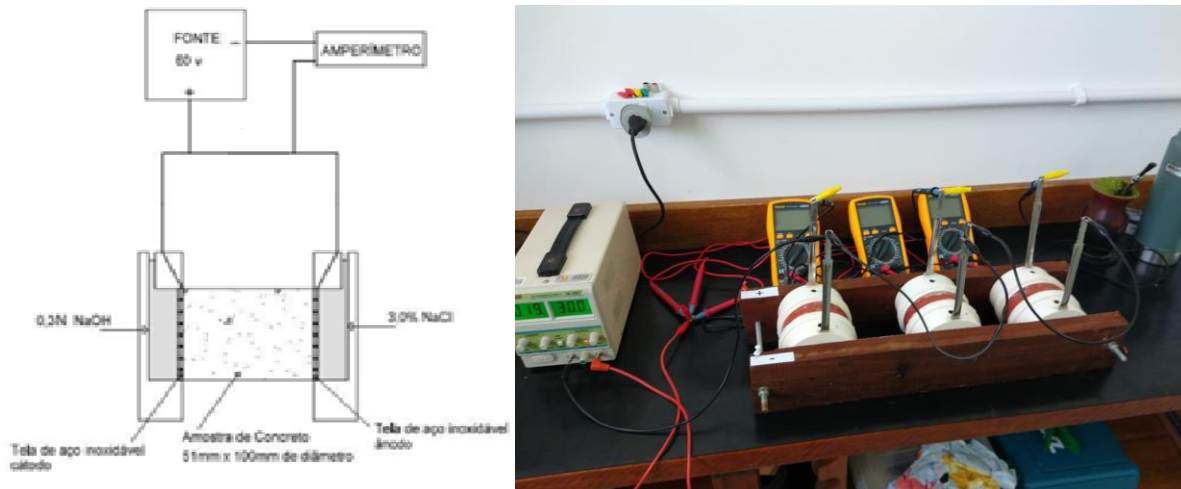
Os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial aos 28 dias de idade, sendo retirados da cura em imersão um dia antes da realização do ensaio para retificação do topo. O ensaio de resistência à compressão foi realizado conforme especificações da NBR 5739 (ABNT, 2007).

1.3.2 ASTM C1202

O ensaio de resistência a penetração de íons cloreto foi realizado com base na ASTM C1202(2018). Foi criado um aparato para realização deste ensaio composto por células de PVC, constituídas por dois CAP de 100 mm (acessório hidráulico utilizado na construção civil), com uma abertura superior para colocação das soluções nas regiões anódicas (3% de NaCl em água deionizada) e catódicas (0,3N de NaOH em água deionizada), e outra abertura para posicionar o eletrodo, devidamente selada para evitar a perda das soluções. Os corpos de prova foram colocados na interface das duas células, sendo colados com adesivo à base de silicone. Assim, a troca iônica entre as células deu-se somente através da área exposta da superfície do corpo de prova. A realização do ensaio é apresentada na Fig. 2. Uma tensão foi aplicada ao sistema por meio de eletrodos posicionados nas extremidades do sistema, que estavam conectados a fios de cobre provenientes de uma fonte de corrente contínua, permitindo a diferença de potencial do concreto. Fez-se o ensaio com a aplicação de uma tensão de 30 V, embora a norma indique o uso de uma diferença de potencial de 60 V. Isto se deu por problemas de disponibilização de equipamentos na data indicada para o ensaio. Para permitir classificar os concretos conforme a metodologia da norma fez-se uso da Lei de Ohm para o ajuste da corrente elétrica.

Antes do ensaio, as amostras foram mantidas em água durante 24 horas, conforme procedimento proposto por SANTOS (2006).

Figura 2 - Esquema teste e realização ensaio ASTM C1202 (2018)



Fonte: Fedumentti (2013) e Autor.

O ensaio possui duração de 6 horas, sendo realizadas leituras da corrente passante em intervalo de 30 em 30 minutos. Com a finalização do ensaio é então calculada a carga total passante de acordo com a equação 1, verificando a classificação do concreto, quanto ao risco de penetração dos íons cloreto, conforme tabela 3.

$$Q = 900(I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + 2I_{300} + 2I_{330} + I_{360}) \quad (1)$$

Onde:

Q= Carga passante

I_0 = corrente medida imediatamente após a tensão aplicada (em Ampères);

I_t = Corrente medida nos tempos t (em Ampères).

Tabela 3 - Penetração dos íons cloreto baseado na carga passante.

Carga Passante (Coulombs)	Penetrabilidade dos íons cloreto
> 4000	Alta
2000-4000	Moderada
1000-2000	Baixa
100-1000	Muito baixa
<100	Desprezível

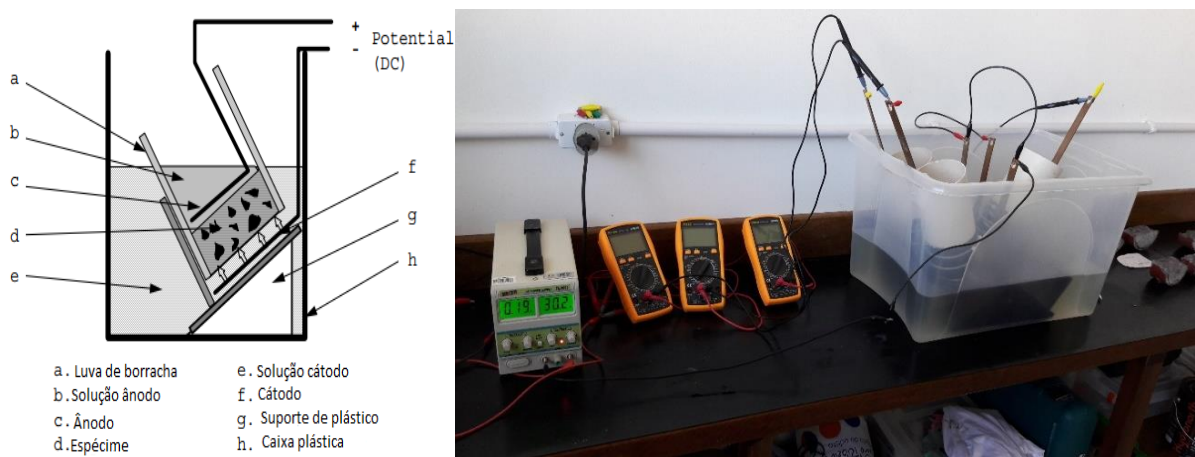
Fonte: ASTM C1202 (2018).

1.3.3 NT Build 492

O ensaio de migração de cloretos em regime não estacionário foi realizado com base na NT build 492 (Fig. 3). Neste caso o aparato proposto foi produzido com a utilização de uma base plástica, sendo a câmara de inserção do corpo-de-prova feito de tubo de PVC de 100 mm, isolado com manta de borracha.

As amostras passaram por período de saturação, Após este período as amostras foram colocadas sobre um cano de PVC de 100 mm aonde foram envolvidas com uma cinta de borracha e selada com silicone em todo perímetro lateral, tanto na parte superior como na inferior, sendo posteriormente verificada a vedação do sistema, o conjunto foi ainda encaixado com uma braçadeira, formando um recipiente sólido. Após colocou-se uma solução anódica de 0,3 M de NaOH (hidróxido de sódio) a 0,3N no copo, na parte superior. Já na parte inferior, que corresponde à solução catódica, prepara-se solução de 10% de NaCl (cloreto de sódio), em massa em relação à água destilada. Finalizando foram posicionados os eletrodos na parte superior (anodo) e inferior (catodo).

Figura 3 - Disposição da instalação e ensaio NT build 492.



Fonte: NT Build 492 (1999) e Autor.

As amostras foram submetidas à tensão inicial de 30 V a fim de coletar a primeira medida de corrente. Com base neste valor de corrente inicial, verificou-se a necessidade de ajuste da diferença potencial. No início do teste foi realizada a medição da temperatura inicial em cada solução do ânodo com o auxílio de um termômetro, no final do teste foi realizar a medição da temperatura final.

Neste ensaio a ação potencial elétrica aplicada através da amostra força os íons cloreto a migrar para dentro da amostra. Sendo assim ao final do teste os corpos de prova de concreto foram divididos por meio do ensaio de compressão diametral, sendo pulverizada em cada face da divisão uma solução de nitrato de prata, assim mensurando a profundidade de penetração de cloretos. Possibilitando o cálculo do coeficiente de migração de cloreto, de acordo com a equação 2.

$$D_{nssm} = \frac{0,0239(273+T)L}{(U-2)t} \left(Xd - 0,0238 \sqrt{\frac{(273+T)LXd}{U-2}} \right) \quad (2)$$

Sendo:

D_{nssm} = coeficiente de migração no estado não estacionário x 10^{-12} m²/s;

U= valor absoluto da voltagem aplicada, V;

T= valor médio das temperaturas inicial e final na solução anódica, °C;

L= espessura da amostra, mm;

Xd= valor médio das profundidades de penetração, mm;

t= duração do teste, horas.

A norma da NT Build não especifica nenhuma classificação a penetração dos íons cloreto, porém encontra-se na literatura valores de referência para os coeficientes de migração de cloretos na idade de 28 dias, conforme Tab. 4.

Tabela 4 - Resistência à migração de íons cloreto.

Migração de cloretos ($D_{28} \times 10^{-12}$ m ² /s)	Penetrabilidade dos íons cloreto
15	Alta
10-15	Moderada
5-10	Baixa
2,5-5	Muito Baixa
<2,5	Desprezível

Fonte: Nilsson, Ngo e GjØrv (1998).

2 Análise dos resultados

Na Tab. 5 podem ser observados os resultados obtidos no ensaio de resistência a compressão, carga passante total obtida de acordo com a ASTM C1202 e coeficiente de migração de cloretos segundo a norma NT Build 492.

Tabela 5 - Resultado dos ensaios e classificação dos mesmos.

Ensaio	Traço rico	Traço intermediário	Traço pobre
Compressão em corpos de prova cilíndricos (MPa)	34,35	25,61	14,59
ASTM C1202 (Q em coulombs)	2574	3726	4410
Classificação quanto a carga passante ASTM C1202	Moderada	Moderada	Alta
NT Build 492 (D_{nssm} em 10^{-12} m ² /s)	8,56	10,10	23,80
Classificação quanto a migração de cloretos NT Build 492	Baixa	Moderada	Alta

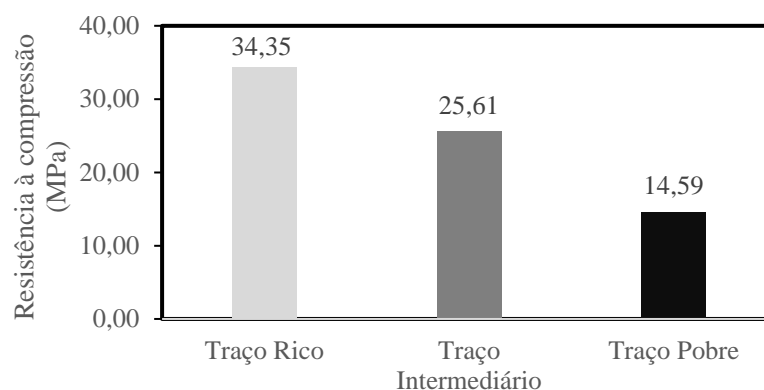
Fonte: Autor.

2.1 Compressão em corpos de prova cilíndricos

Os valores de resistência a compressão dos concretos preparados para a realização deste estudo não tiveram como objetivo atender aos requisitos de durabilidade definidos na NBR 6118 (2014). Têm-se como intuito comparar a ação dos íons cloreto em concretos com diferentes classes de resistência, compreendendo os mecanismos de cada um dos ensaios realizados.

O comportamento dos valores das resistências à compressão está apresentado graficamente através da Fig. 4. Verifica-se que, naturalmente, o traço rico apresentou maior valor de resistência a compressão seguido dos traços intermediário e traço pobre.

Figura 4 - Gráfico ensaio de resistência a compressão

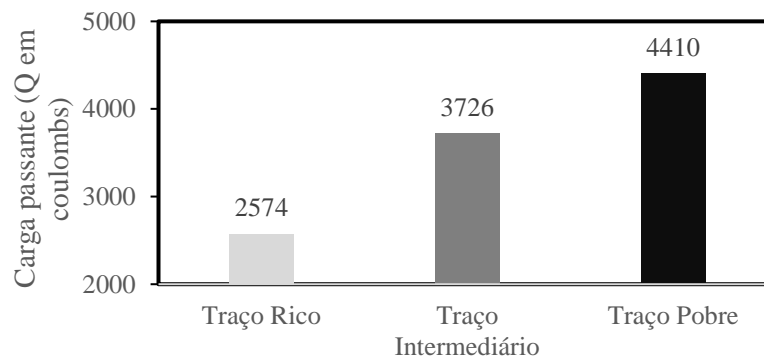


Fonte: Autor.

2.2 ASTM C1202C

Os resultados obtidos e classificação deste ensaio podem ser visualizados e analisados na Tab. 5 e Fig. 5. Aonde se constatou que o traço de concreto que apresentou menor carga passante, ou seja, menor penetração de íons cloreto foi o concreto de traço rico, seguido do traço intermediário e o traço que apresentou maior carga passante foi o traço pobre.

Figura 5 - Gráfico carga passante ensaio ASTM C1202.



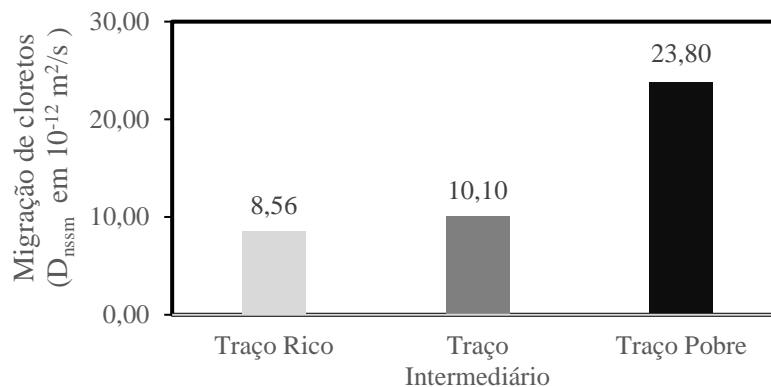
Fonte: Autor.

Os traços de concreto foram classificados quanto a carga passante de íons cloreto segundo a ASTM C1202, de acordo com a Tab. 3, sendo o concreto do traço rico classificado como de moderada penetração de íons cloreto, o traço intermediário também pode ser classificado como concreto de moderada penetração de íons cloreto, já o traço fraco foi classificado quanto a penetração de íons cloreto como alta.

2.3 NT Build 492

Para este ensaio os resultados estão disponíveis na Tab. 5 e Fig. 6. Analisando os resultados obtidos se constata que o traço rico apresenta menor valor de migração de cloretos, seguido do traço intermediário, o traço pobre apresentou o maior valor de migração de cloretos.

Figura 6 - Gráfico migração de cloretos ensaio NT Build 492



Fonte: Autor.

Os diferentes traços podem ser classificados quanto a penetrabilidade de íons cloreto de acordo com a Tab. 4, aonde o traço rico apresenta baixa penetrabilidade de cloretos, o traço intermediário apresenta penetrabilidade moderada e o traço pobre apresenta alta penetrabilidade de cloretos.

2.4 Relação entre ensaio ASTM C1202 e NT Build 492

A penetração de íons cloreto está relacionada com a porosidade do concreto, quanto maior a resistência do concreto menor é sua porosidade, sendo assim os concretos com maior resistência a compressão apresentam menor penetração de íons cloreto. Este fato também se constatou nos ensaios realizados, aonde o concreto que apresentou maior resistência a compressão apresentou também menor carga passante ou migração de cloretos.

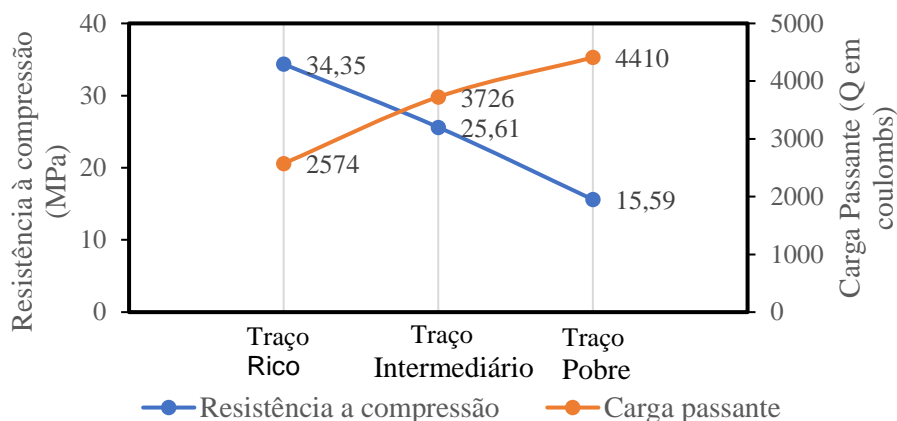
Analisando os dois ensaios, apenas o traço rico não apresentou a mesma classificação quanto a carga passante e migração de cloretos quando comparados os dois ensaios, os demais traços apresentaram a mesma classificação como pode ser observado na Tab. 6.

Tabela 6 - Classificação quanto a carga passante e migração de cloretos.

Ensaio	Classificação quanto a penetração de cloretos		
	Traço Forte	Traço Intermediário	Traço Pobre
ASTM C1202	Moderada	Moderada	Alta
NT Build 492	Baixa	Moderada	Alta

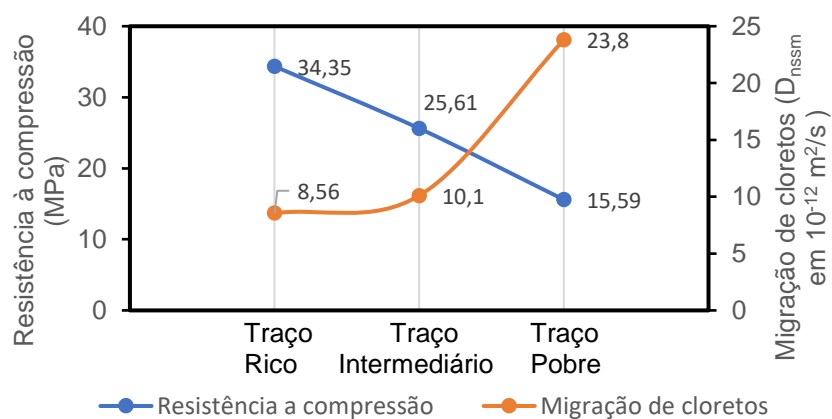
Fonte: Autor.

Figura 7 - Gráfico curva de resistência x curva de carga passante ASTM C1202



Fonte: Autor.

Figura 8 - Gráfico curva de resistência x curva de migração de cloretos NT Build 492.



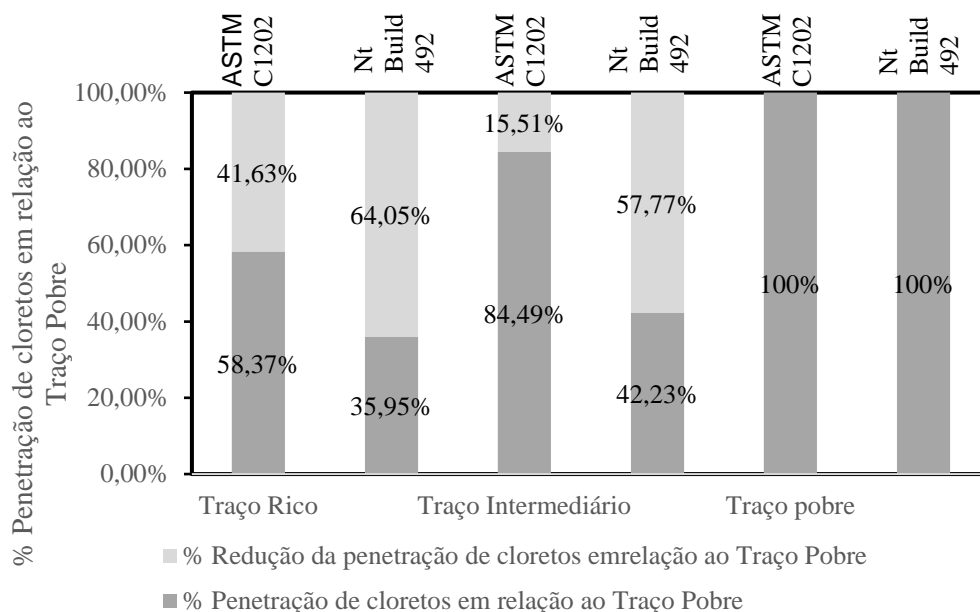
Fonte: Autor.

Nas Fig. 7 e Fig. 8 é possível analisar as curvas de resistência a compressão com relação a curva de carga passante do ensaio da ASTM C 1202 e migração de cloretos da NT Build 492 para os traços estudados. A partir dos gráficos é possível constatar que quanto maior a resistência à compressão menor é a penetração de cloretos, quando diminui o valor de resistência à compressão aumenta a penetração de cloretos.

Os ensaios da ASTM C1202 e NT Build 492 são realizados de maneiras diferentes não possuindo os mesmos parâmetros que possibilitem comparar os valores dos dois ensaios, porem analisando as curvas nos gráficos das Fig. 7 e Fig. 8 é possível constatar que apresentam curvas com comportamentos diferentes, no ensaio da ASTM C1202 os valores de carga passante de

íons cloreto aumentam linearmente a medida em que diminui a resistência do concreto, já no ensaio da NT Build 492 os valores apresentam pequeno aumento do traço rico em relação ao traço intermediário, após o traço intermediário o aumento da migração de cloretos é bastante acentuado a medida que diminui a resistência a compressão do concreto.

Figura 9 - Gráfico porcentagem da penetração de cloretos de cada traço em relação ao traço pobre para os ensaios.



Fonte Autor.

Na Fig. 9 é possível observar e comparar as porcentagens de cargas passantes e migração de cloretos para cada traço de concreto em relação ao traço fraco, é possível constatar que no ensaio da NT Build 492 os traços ricos e intermediário apresentam uma maior redução da migração de cloretos em relação ao traço pobre, já no ensaio da ASTM C1202 a redução de carga passante é menor.

3 Conclusões

Com base no estudo realizado e resultados obtidos é possível concluir que quanto maior a resistência do concreto menor é a penetração de íons cloreto. Isto se deve há menor porosidade do concreto, um dos fatores que influencia a porosidade é a relação água/cimento do concreto, quanto menor a relação água/cimento menor a porosidade do concreto. O traço rico apresenta menor relação água/cimento, seguido do traço intermediário e do traço pobre, sendo também está também a ordem de menor penetração de cloretos.

No estudo realizado por Cascudo (2017), foi realizado um estudo com concretos com adições minerais em relação à penetração de cloretos, o estudo foi realizado através dos ensaios

da ASTM C1202 e NT Build 492, neste estudo os resultados para os diferentes traços de concreto apresentaram a mesma classificação quanto a carga passante e migração de cloretos.

Os ensaios da ASTM C1202 e NT Build 492 apresentaram resultados semelhantes quanto as suas classificações, apenas no traço rico apresentaram diferença de classificação.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul pelo fomento proporcionado através do Edital PROPMI Nº 77/2017 – FOMENTO INTERNO 2018/2019.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Guide to Durable Concrete: reported by ACI committee 201, **Materials Journal** (v.88, n.5, p.544-582), 1991.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration: C1202**, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto-procedimento**. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 5738: **Concreto-Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2003

_____. NBR 5739: **Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

BUILD, N. 492, Chloride migration coefficient from non-steady-state migration experiments. **Nordtest method**. 1999.

CASCUDO, O.; BATISTA JUNIOR, E.; MARTINS, A. M. Avaliação da penetração de cloretos em concretos com adições minerais. In: Congresso Brasileiro do Concreto - 59. CBC, Bento Gonçalves-RS. Anais do 59. CBC. São Paulo: **Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON**, v. 1. p. 1-17, 2017.

FEDUMENTI, M. B. **Avaliação da influência da cinza de casca de arroz no comportamento de concretos com agregado reciclado de concreto em relação a propriedades mecânicas e de durabilidade, com ênfase no transporte de íons cloreto**. 2013. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 134 f. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/4056>>. Acesso em: 07 mar. 2019.

GJØRV, O. E. **Projeto da durabilidade de estruturas de concreto em ambientes de severa agressividade**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2015.

GUIGNONE, G. C. **Desempenho de Concretos Com a Utilização de Resíduos da Lapidação do Vidro Como Substitutos Parciais ao Cimento**. 2017. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 286 f. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_11406_Guilherme%20Cunha20180522-110439.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2019.

HELENE, P. R.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. Pini, 1992.

MARTINS, A. M. **Transporte de cloretos em concretos com adições minerais e o desempenho em relação à corrosão das armaduras**. 2016. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geotecnia) - Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 169 f. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/7887/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Alex%20Mizael%20Martins%20-%202016.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2019.

NILSSON, L.; NGO, M. H.; GJØRV, O. E. High-performance repair materials for concrete structures in the port of Gothenburg. In.: **Second international conference on concrete under severe conditions: environment and loading**, v. 2, p. 1193-1198, 1998.

SANTOS, L. **Avaliação da resistividade elétrica do concreto como parâmetro para a previsão da iniciação da corrosão induzida por cloretos em estruturas de concreto**. 2006. Dissertação de mestrado (Estruturas e Construção Cível) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 178 f. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/5188>>. Acesso em: 07 mar. 2019.

SIQUEIRA, H. C. **Penetração de cloretos em concretos compostos com cimento Portland branco e escória de alto forno, ativados quimicamente**. 2008. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 141 f. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7690/HENRIQUESIQUEIRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 07 mar. 2019.