

# INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

DIRETORIA DE PESQUISA

PROJETOS DE PESQUISA/INOVAÇÃO

Chamada 01/2020 - Interconecta - Coordenador de Projeto

## 1 - UNIDADE PROPONENTE

Campus: <b>CAMPUS-JP</b>
-----------------------------

## 2 - IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Título do projeto: <b>A INFLUÊNCIA DA CINZA VOLANTE NO FATOR DE IDADE DO CONCRETOS</b>	
Grande área de conhecimento: <b>ENGENHARIAS</b>	Área de conhecimento: <b>ENGENHARIA CIVIL</b>
Área temática: <b>Construção civil</b>	Tema: <b>None</b>
Período de execução: <b>Início: 01/04/2020   Término: 31/12/2020</b>	

## 3 - CARACTERIZAÇÃO DOS BENEFICIÁRIOS

Público alvo	Quantidade
--------------	------------

## 4 - EQUIPE PARTICIPANTE

PROFESSORES E/OU TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS DO IFPB			
Membro	Contatos	Vínculo	Titulação
Nome: <b>Gibson Rocha Meira</b> Matrícula: <b>273954</b>	Tel.: <b>(83) 3246-5124 / (83) 3612-1300 (ramal: 1300)</b> E-mail: <b>gibson.meira@ifpb.edu.br</b>	Bolsista	DOUTORADO

## 5 - DISCRIMINAÇÃO DO PROJETO

Resumo
<p><b>Introdução</b></p> <p>Estruturas de concreto armado estão sujeitas à agressividade do ambiente no qual encontram-se inseridas. Nesse contexto, a corrosão de armaduras é um dos fenômenos mais recorrentes. Esse processo é, geralmente, desencadeado pela ação dos íons cloreto ou pela carbonatação do concreto (TUUTTI, 1982; MEIRA, 2004).</p> <p>De acordo com Helene (1993), os cloretos podem penetrar no concreto e despassivar a armadura mesmo em condições de pH elevado, o que reflete em um cuidado maior para estruturas em ambiente com a presença de íons cloreto.</p> <p>Dessa forma, para essa condição de exposição, uma das características mais almejadas para o concreto é a redução da porosidade. Pois, menor quantidade de poros reflete em uma diminuição na velocidade de transporte de agentes agressivos. Assim, a descontinuidade de poros funcionará como um obstáculo no avanço de cloretos na matriz cimentícia.</p>

Um método empregado para reduzir a porosidade é a utilização de pozolanas no concreto. Neto (2018) concluiu que o uso de cinza volante no concreto contribui para um menor índice de vazios, menor absorção de água e um refinamento maior da matriz. Portanto, uma matriz mais resistente ao transporte de agentes agressivos.

Nesse contexto, o fator de idade do concreto ( $m$ ) é um parâmetro matemático que representa, indiretamente, a densificação do material ao longo do tempo, o que significa uma maior resistência à entrada de agentes agressivos no concreto que podem atacar a armadura. Por conseguinte, quanto maior o intervalo temporal demandado para que o agente agressivo alcance a armadura, maior será o tempo de vida útil da estrutura.

Cada tipo de mistura se comporta de forma singular em relação ao valor de  $m$ . Portanto, o estudo do fator de idade torna-se um campo a ser explorado. Com isso, este projeto busca obter e analisar o comportamento do fator de idade ( $m$ ) para concretos com e sem adição de pozolana a partir do estudo do transporte de íons cloreto, um dos principais agentes agressivos responsáveis pela corrosão de armaduras.

#### Justificativa

Modelos de previsão de vida útil, ao longo do tempo, tornaram-se uma ferramenta de fácil acesso em meio ao ambiente construtivo mundial. Esses modelos possuem duas abordagens: uma determinista e outra probabilista. Conforme Possan (2010), a maioria dos modelos de previsão de vida útil são para representar a penetração do agente agressivo no concreto, principalmente o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e os íons cloreto. Isso porque, quando o agente agressivo entra em contato com o aço, em quantidade suficiente capaz de ativar a armadura, considera-se o fim do período de vida útil.

Quanto aos modelos desenvolvidos voltados a representar o fenômeno da corrosão, o pioneiro foi Tuutti (1982), com um modelo simplificado dividido em dois períodos: iniciação, compreendido entre o início do ingresso de agentes agressivos no concreto até a sua chegada na armadura, e o período de propagação, considerado a partir da ativação da armadura. Em datas posteriores, outros modelos foram sendo desenvolvidos, como o apresentado por Mangat e Molloy em 1994, Andrade em 2001 e, recentemente, Dominicini e Calmon em 2017.

Para que os modelos sejam aplicados e tenham respostas precisas, os dados de entrada necessitam dispor de uma confiança elevada. Esses dados vão desde a relação água/aglomerante, condições de cura, condições climáticas locais, como temperatura, umidade relativa e radiação solar, além de considerar outros fatores como o efeito pele e o tempo de exposição. Nesse cenário, cada modelo tem seus dados de entrada específicos.

Entretanto, vale ressaltar que não há disponível uma base de dados com valores referentes a cada cidade, região ou país acerca do fator de idade, o que, conseqüentemente, restringe ainda mais a eficácia do resultado quanto ao tempo de vida útil calculado. Segundo a pesquisa desenvolvida por Dominicini e Calmon (2017), há a necessidade de mais estudos abordando o fator de idade considerando diferentes tipos e teores de adições, para que com a disponibilidade desses dados possam aumentar a confiabilidade das previsões de vida útil de estruturas de concreto.

A Tabela 1 exemplifica valores obtidos, por diversos autores, para o fator de idade em diferentes misturas. Observa-se que há uma carência de representatividade do fator de idade ( $m$ ) considerando o cenário brasileiro, ou seja, considerando os materiais empregados no nosso país e, em especial, na região Nordeste.

Tabela 1 - Valores de  $m$  observados na literatura

Autor	Aglomerante	<i>m</i>
Mangat e Molloy (1994)	CEM I[1]	0,440
	CEM II B (26% FA)[2]	1,340
	CEM II A (15% FS)[3]	1,130
	CEM III B (60% de slang)[4]	1,123
Bamforth (1999)	CEM I	0,264
	CEM II B (30% FA)	0,699
	CEM III B (70% de slang)	0,621
Gehlen (2000)	CEM I	0,300
	CEM III B	0,450
Polder e Rooij (2005)	CEM III B	0,480
Moffatt e Thomas (2018)	CEM I	0,200
	CEM II A (6,4 % FS + 13,6 FA)	0,310
	CEM II A-D (5,7 % SF)[5]	0,200

[1] Cimento Portland comum

[2] Cimento Portland com cinza volante

[3] Cimento Portland com sílica ativa

[4] Cimento de alto forno

[5] Cimento Portland composto

Desse modo, em virtude dos fatos mencionados, este estudo trará uma contribuição substancial para a meio acadêmico e profissional brasileiro, resultando em dados relativos ao fator de idade (*m*) para concretos com mistura tradicional e com adição de cinza volante para diferentes dosagens, privilegiando materiais locais.

#### Fundamentação teórica

A durabilidade do concreto está diretamente ligada ao conceito de vida útil. A NBR 15575 (ABNT, 2013), define durabilidade como: “a capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas”, e vida útil como: “período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção”.

A NBR 12655 (2006) e NBR 6118 (2014a) são normas técnicas que trazem em seu corpo, diretrizes e exigências para obter uma maior durabilidade das estruturas de concreto. Em resumo, estão direcionadas à obtenção de um concreto capaz de resistir às solicitações ao longo do tempo, não apenas referentes ao desempenho mecânico, mas também quanto à durabilidade.

O ingresso do agente agressivo no concreto, em especial dos íons cloretos, ocorre mediante quatro diferentes meios de transporte de massa: absorção capilar, permeabilidade, migração iônica e difusão de íons (HELENE, 1993). A difusão iônica é o mecanismo de transporte baseado na diferença de concentração iônica entre duas regiões interconectadas.

Segundo Medeiros *et al.* (2014), há duas formas de determinar o coeficiente de difusão, uma usando o estado estacionário de difusão (difusão efetiva), quando não há a influência da fixação de cloretos, e a segunda, usando o regime não estacionário (difusão aparente), quando a fixação de cloretos na matriz estudada influencia no resultado.

Segundo essa mesma linha de pensamento, Martins (2016) afirma que o ensaio de difusão de cloretos em regime não estacionário resulta no coeficiente de difusão não estacionário ou aparente ( $D_{app}$ ). O mesmo autor considera que esse parâmetro está profundamente ligado às condições de transporte de cloretos no concreto e, conseqüentemente, à durabilidade das estruturas de concreto.

Segundo Nilsson (2004), modelos empíricos, a partir dos anos 90, foram desenvolvidos com o intuito de incluir o efeito do tempo na difusão de cloretos no concreto, ou seja, um  $D_{app}$  dependente do tempo. Em seu estudo experimental, foi verificado que, quando ocorre uma densificação do concreto, há uma diminuição no  $D_{app}$ .

Esse resultado já havia sido relatado anteriormente por Mangat e Molloy (1994), Bamforth (1999) e Hoffmann (2001). Ainda assim, a busca por avaliar a dependência da difusão em relação ao tempo, considerando a contínua hidratação do cimento, continuou. Costa e Appleton (2007), Andrade, Castellote e D'Andrea (2011) mostraram que há uma diminuição do coeficiente de difusão de cloretos com o tempo. Esse comportamento é atribuído ao efeito de refinamento da estrutura dos poros. Nesse cenário, Sato

(1998) concluiu que a diminuição da porosidade tem uma maior representatividade quando há materiais pozolânicos na mistura.

Desse modo, com a hidratação e a porosidade a depender do tipo de cimento e adições, o concreto terá, por consequência, uma diminuição notável do mecanismo de difusão. Assim, utilizando-se o ensaio de difusão pura em amostras envelhecidas pode-se obter um parâmetro matemático, chamado de fator de idade ou envelhecimento ( $m$ ), característico para o concreto.

O foco deste projeto é a obtenção do fator de idade ( $m$ ), que corresponde a um parâmetro matemático que representa a redução do coeficiente de difusão com a idade, o que significa que houve densificação da matriz. O cálculo do fator de idade é obtido por meio da expressão (1), proposta por Mangat e Molloy (1994).

$$D(t) = D_{ref} \left( \frac{t_{ref}}{t} \right)^m \quad (1)$$

Onde,  $D(t)$  é o coeficiente de difusão em função do tempo  $t$  ( $m^2/s$ );  $D_{ref}$  é o coeficiente de difusão no tempo  $t_{ref}$  da primeira coleta de dados ( $m^2/s$ );  $t_{ref}$  é o tempo da primeira coleta de dados (dias);  $t$  é o tempo (dias) e  $m$  é o fator de idade.

### Objetivo geral

Avaliar a influência da cinza volante no fator de idade ( $m$ ) de concretos submetidos a ensaios de difusão natural em ambiente de laboratório.

### Metas

- 1 - Revisão bibliográfica
- 2 - Produção e caracterização dos CPs
- 3 - Análise da influência da relação água/aglomerante no fator de idade
- 4 - Análise da influência da adição de cinza volante no fator de idade
- 5 - Produção técnica e científica

### Metodologia da execução do projeto

A metodologia que será aplicada para alcançar os objetivos do projeto está disposta em quatro etapas: caracterização dos materiais e preparação dos corpos de prova, cura e ensaios de caracterização do concreto, realização dos ensaios de difusão de cloretos e análise dos resultados.

#### 1 Caracterização dos materiais e preparação dos corpos de prova

O cimento Portland empregado será o CP V – ARI devido a sua composição com baixo nível de substituição. A caracterização física do cimento Portland contemplará as técnicas de granulometria a laser e ensaio de massa específica (NBR NM 23 - ABNT, 2001), enquanto que, na caracterização química, será realizado o ensaio de fluorescência de raio-X.

A adição mineral a ser empregada, cinza volante, foi disponibilizada pela empresa Comércio de Cinzas Lima Ltda., localizada em Capivari de Baixo - RS. A proporção aplicada será de 25% em relação a massa do cimento. Essa proporção está condizente com os limites de composição do cimento Portland da NBR 16697 (ABNT, 2018) quanto à quantidade de material pozolânico, que pode variar entre 15 e 50 % em massa para cimentos pozolânicos.

Com o propósito de caracterização física da cinza, serão realizados os ensaios de: granulometria a laser, massa específica (NBR NM 23 - ABNT, 2001), material retido na peneira  $45\mu m$  (NBR 12653 - ABNT, 2014b). O ensaio de fluorescência de raios-X será usando para uma caracterização química. Além disso, será analisado o seu índice de atividade pozolânica com cal (NBR 5751 - ABNT, 2015b) e com cimento (NBR 5752 - ABNT, 2014c).

O agregado miúdo será uma areia média natural de rio, de natureza quartzosa e comercializada na região. Serão realizados ensaios de granulometria por peneiramento (NBR NM 248 - ABNT, 2003), módulo de finura, massa unitária (NBR NM 45 - ABNT, 2006), massa específica (NBR NM 52 - ABNT, 2009), teor de argila (NBR 7218 - ABNT, 2010), material pulverulento (NBR NM 46 - ABNT, 2003a) e impurezas orgânicas (NBR NM 49 - ABNT, 2001).

Quanto ao agregado graúdo a ser empregado, ele será uma pedra britada de natureza granítica, com  $D_{m\acute{a}x}=19$  mm. A caracterização física será realizada mediante aplicação dos ensaios de granulometria por peneiramento (NBR NM 248 - ABNT, 2003); massa unitária (NBR NM 45 - ABNT, 2006), torrões de argila e materiais friáveis (NBR 7218 - ABNT, 2010), massa específica absoluta e aparente, e absorção de água (ABNT NM 53 - ABNT, 2009b) e teor de material pulverulento (NBR NM 46 - ABNT, 2003a).

Nas misturas de concreto empregadas no programa experimental proposto serão utilizadas três relação água/aglomerante: 0,45, 0,50 e 0,55. O cimento (CP V) terá substituição parcial, em massa, pela cinza volante, com o intuito de obter concretos com porosidade reduzida. Concretos sem a presença de cinza serão igualmente produzidos e considerados como concretos de referência. Com relação ao procedimento de moldagem, seguir-se-ão as recomendações da NBR 5738 (ABNT, 2015c), com moldes cilíndricos metálicos 100 x 200 mm e classe de consistência S50.

## 2 Cura e ensaios de caracterização do concreto

A cura será feita em câmara úmida, com umidade relativa igual ou superior a 95%, por um período de 28 dias, de acordo com o recomendado na NBR 5738 (ABNT, 2015c).

Ao final do período de cura, as amostras estarão aptas para que sejam realizados os ensaios de caracterização inicial. Serão realizados os ensaios de resistência a compressão axial (NBR 5739 - ABNT, 2005); absorção de água por imersão (NBR 9778 - ABNT, 2009), velocidade do pulso ultrassônico (NBR 8802, 2019), resistividade superficial pelo método de Wenner e difusão de cloretos pelo método do Nordtest NTBuild 443 (1995).

Após esta caracterização primária, que será aquela obtida no instante  $t_{28}$  (28 dias), 20 % das amostras serão preparadas para serem expostas à uma solução aquosa de cloreto de sódio preparada a uma concentração de  $165 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$  por  $\text{dm}^3$ , como recomendado pela NTBuild 443 (1995).

O procedimento para que as amostras sejam expostas à solução de NaCl será o seguinte: o cilindro será dividido em metades por um corte perpendicular ao eixo. Cada metade será usada como amostra de teste, com a superfície serrada exposta na solução de NaCl. Cada corpo de prova será imerso em uma solução saturada de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a aproximadamente  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ , em um recipiente de plástico com tampa. No dia seguinte, o corpo de prova será pesado na condição de massa com superfície seca (*msd*). A imersão na solução saturada de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  continuará até que *msd* não se altere em mais de 0,1% em um intervalo de 24 horas. Após essa estabilização, todas as faces do corpo de prova, exceto a que será exposta, serão então secas à temperatura ambiente e, em seguida, pintadas com resina epoxi. Quando o revestimento endurecer, o corpo de prova será imerso na solução de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  até que *msd* se estabilize novamente. Concluindo essa fase, os corpos de prova de concreto são imersos na solução NaCl pelo tempo determinado.

Nas idades pré-estabelecidas, os corpos de prova serão retirados de exposição e obtidas amostras representativas de camadas a distintas profundidades, paralelamente a face exposta a solução de NaCl. Essas amostras passarão pelo procedimento de moagem e, em seguida, serão analisadas quimicamente para obtenção dos perfis de cloretos. Todo este procedimento seguirá as recomendações propostas na norma NTBuild 208 (1993).

Por fim, as demais amostras permanecerão em ambiente de laboratório até o dia dos próximos ensaios, previamente já determinados.

## 3 Realização dos ensaios de difusão de cloretos

Os ensaios serão realizados ao final do período de cura e, posteriormente, nas idades de 30, 60, 90 e 180 dias. Essa periodicidade, em dias, foi escolhida para que possa ser realizado um acompanhamento do coeficiente de difusão e demais propriedades do concreto, ao longo do tempo, e verificar o desempenho do concreto à medida que ele irá envelhecendo.

Os ensaios realizados em cada idade correspondem aos ensaios de resistência à compressão, absorção de água, velocidade de pulso ultrassônico, resistividade elétrica superficial e difusão por imersão em solução NaCl, todos já descritos na seção 2. Serão empregados 3 (três) corpos de prova para os ensaios, com exceção do ensaio de difusão, onde serão utilizados 4 (quatro) corpos de prova.

## 4 Análise dos resultados

Com os resultados dos ensaios de difusão pura serão obtidos os coeficientes de difusão médio em cada idade e o valor do fator de envelhecimento (*m*) para cada tipo de dosagem, considerando a Equação (1).

Quanto aos demais ensaios, a análise destes servirá para uma avaliação da qualidade do concreto, onde, a partir dos resultados obtidos, será possível verificar como se processou a maturação do concreto, com impacto na sua rede porosa e propriedades a ela relacionada.

Espera-se, com os resultados obtidos, poder analisar o impacto da variação da relação água/aglomerante no valor de *m*, assim como a influência da presença da cinza volante nesse mesmo parâmetro.

## **Disseminação dos resultados**

### Acompanhamento e avaliação do projeto durante a execução

O acompanhamento do projeto será por meio do cumprimento das atividades e prazos estabelecidos no cronograma apresentado na Tabela 2, tendo como referência as etapas já identificadas na seção anterior. Considera-se um período de 9 meses para o presente projeto, com início em abril de 2020.

Tabela 2 - Cronograma de atividades.

Etapas	Meses								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Embasamento teórico									
2. Caracterização dos materiais e preparação dos corpos de prova									
3. Cura e ensaios de caracterização									
4. Realização dos ensaios									
5. Análise dos resultados									
6. Produção técnica									
7. Elaboração de relatório									

O bolsista estará vinculado a todas as atividades do projeto, além de ser o responsável por realizar os ensaios nas datas previstas. Assim, o bolsista deverá criar uma base de dados dos ensaios realizados e do fator de envelhecimento calculado. A seguir, descreve-se as atividades realizadas pelo bolsista em cada uma das etapas do projeto.

**Embasamento teórico:** o bolsista deverá fazer o levantamento do estado da arte sobre o fator de envelhecimento em concreto tradicional e com adições cimentícias, identificando metodologias e modelos mais apropriados para estudos voltados ao fator de envelhecimento. Essa etapa terá duração de 8 meses.

**Caracterização dos materiais e preparação dos corpos de prova:** obtenção dos dados relativos aos insumos empregados na confecção dos corpos de prova e a moldagem dos corpos de prova. Essa etapa terá duração de 2 meses.

**Cura e ensaios de caracterização:** realização de cura de 28 dias e ensaios de caracterização dos concretos estudados, envolvendo ensaios de resistência à compressão axial, absorção de água e difusão de cloretos. Essa etapa terá duração de 2 meses.

**Realização de ensaios:** serão realizados ensaios de resistência à compressão, absorção de água e difusão de cloretos, de forma a observar tendências de comportamento do material trabalhado. Esses resultados são necessários para caracterizar o concreto e calcular o fator de idade, necessário para alimentação de modelos de previsão. Essa etapa acontecerá durante aproximadamente 6 meses.

**Análise dos resultados:** de posse de todos os resultados obtidos nas etapas anteriores, o bolsista analisará os dados em conjunto com o orientador/pesquisador, de forma a observar tendências de comportamento do material trabalhado. Essa etapa acontecerá durante aproximadamente 5 meses.

**Produção técnica:** nessa etapa será elaborado um artigo científico a ser enviado para algum periódico nacional ou internacional. Essa etapa ocorrerá durante 03 meses.

**Elaboração de relatório:** o bolsista deverá elaborar um relatório parcial e um relatório final da pesquisa. Essa etapa ocorrerá durante 02 meses.

### Referências bibliográficas

ANDRADE, J. J. de O. **Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras:** iniciação por cloretos. 2001. 92 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ANDRADE, C.; CASTELLOTE, M.; D'ANDREA, R. Chloride aging factor of concrete measured by means of resistivity. **International Conference on Durability of Building Materials and Components**, p.

1–8, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR NM 23 - Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro, 2001a. □

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR NM 49 -Agregado miúdo - Determinação de impurezas orgânicas.** Rio de Janeiro, 2001b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR NM 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR NM 46 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem.** Rio de Janeiro, 2003b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR 9778 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR NM 45 - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR NM 52 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, p. 14, 2009a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR NM 53 - Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro, 2009b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR 7218 - Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.** Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR 15575 - Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR 6118 - Projeto de estrutura de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR 12653 - Materiais Pozolânicos - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2014b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro, **NBR 5752 - Materiais Pozolânicos - Determinação do índice de desempenho com cimento portland aos 28 dias.** Rio de Janeiro, 2014c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro, **NBR 12655 -Concreto de cimento Portland -Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2015a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro, **NBR 5751 - Materiais pozolânicos - Determinação da atividade pozolânica com cal aos 7 dias.** Rio de Janeiro, 2015b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR 5738 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR 16697 - Cimento Portland - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2018a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR 8802 - Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.** Rio de Janeiro, 2019.

BAMFORTH, P. B. Derivation of input data for modelling chloride ingress from eight-year UK coastal exposure trials. **Magazine of Concrete Research**, v. 51, n. 2, p. 87–96, 1999.

COSTA, A.; APPLETON, J. Análise da penetração de cloretos em estruturas de betão armado exposta em ambiente marítimo. **Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas**, v. 46, p. 3–13, 2007.

DOMINICINI, W. K.; CALMON, J. L. Computational modeling for predicting corrosion initiation in reinforced concrete structures. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 10, n. 6, p. 1205–1244, 2017.

FARIA DE MEDEIROS, M. H. et al. Ensaios de migração de cloretos em estado estacionário para avaliação de sistemas de proteção de superfície. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 8, n. 2, 2014.

HELENE, P. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado.** 1993. 231 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

HOFFMANN, A. T. **Influência da adição de sílica ativa, relação água/aglomerante, temperatura e tempo de cura no coeficiente de difusão de cloretos em concretos.** 2001. 145 f. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

MANGAT, P. S.; MOLLOY, B. T. Prediction of long term chloride concentration in concrete. **Materials and Structures**, v. 27, n. 6, p. 338–346, 1994.

MARTINS, A. M. **Transporte de cloretos em concretos com adições minerais e o desempenho em relação à corrosão das armaduras**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás, 2016.

MEIRA, G. R. **Agressividade por cloretos em zona de atmosfera marinha frente ao problema da corrosão em estruturas de concreto armado**. 2004. 410 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

NETO, D. M. **Desempenho de concretos com altos teores de cinzas volantes em substituição ao cimento portland**. 2018. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Estado de Santa Catarina, 2018.

NORDTEST, N. T. NT BUILD 208 - Concrete, hardened: chloride content by volhard titration. **Nordtest method**, p. 1–3, 1993.

NORDTEST, N. T. NT BUILD 443 - Concrete , Hardened: Accelerated Chloride Penetration. **Nordtest method**, p. 1–5, 1995.

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão da vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano**. 2010. 265 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SATO, M. N. M. Análise da porosidade e de propriedades de transporte de massa em concretos. **Zhurnal Eksperimental'noi i Teoreticheskoi Fiziki**, 1998.

TUUTTI, K. Corrosion of steel in concrete. **Cement-och betonginst**, p. 773, 1982.

## 6 - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Meta	Atividade	Especificação	Indicador(es) qualitativo(s)	Indicador físico		Período de execução	
				Unid.de Medida	Qtd.	Início	Término
1	1	Revisão bibliográfica em bases científicas Revisão bibliográfica concluída	revisão bibliográfica concluída		100	Previsto para 01/04/2020   Iniciado em 01/04/2020	Previsto para 31/12/2020   Concluído em 31/12/2020
2	1	Caracterização dos materiais e preparação dos corpos de prova Materiais caracterizados e CPs moldados	Materiais caracterizados e CPs moldados		100	Previsto para 01/04/2020   Iniciado em 01/04/2020	Previsto para 29/05/2020   Concluído em 29/05/2020
2	2	Cura dos CPs e ensaios de caracterização Cura concluída e caracterização dos CPs concluída	Cura concluída e caracterização dos CPs concluída		100	Previsto para 01/05/2020   Iniciado em 01/05/2020	Previsto para 30/06/2020   Concluído em 30/06/2020
3	1	Realização dos ensaios de difusão em CPs com relação a/agl distintos Ensaio concluído	Ensaio concluído		100	Previsto para 01/05/2020   Iniciado em 01/05/2020	Previsto para 30/10/2020   Concluído em 30/10/2020
3	2	Análise dos resultados Resultados analisados	Resultados analisados		100	Previsto para 01/07/2020   Iniciado em 01/07/2020	Previsto para 30/11/2020   Concluído em 30/11/2020
4	1	Realização dos ensaios de difusão em CPs com e sem adição de cinza volante Ensaio concluído	Ensaio concluído		100	Previsto para 01/05/2020   Iniciado em 01/05/2020	Previsto para 30/10/2020   Concluído em 30/10/2020
4	2	Análise dos resultados Análise concluída	Resultados analisados		100	Previsto para 01/07/2020   Iniciado em 01/07/2020	Previsto para 30/11/2020   Concluído em 30/11/2020
5	1	Produção do relatório parcial Relatório parcial concluído	Relatório parcial concluído		100	Previsto para 03/08/2020   Iniciado em 03/08/2020	Previsto para 31/08/2020   Concluído em 31/08/2020
5	2	Produção do relatório final Relatório final concluído	Relatório final concluído		100	Previsto para 01/12/2020   Iniciado em 01/12/2020	Previsto para 31/12/2020   Concluído em 31/12/2020
5	3	Elaboração de artigo científico Elaboração de artigo em curso. Ainda não concluído.	Artigo científico concluído		30	Previsto para 01/10/2020   Iniciado em 01/10/2020	Previsto para 31/12/2020   Concluído em 31/12/2020



## 7 - PLANO DE APLICAÇÃO

Classificação da despesa	Especificação	PROEX (R\$)	DIGAE (R\$)	Campus proponente (R\$)	Total (R\$)
339018	Auxílio Financeiro a Estudantes	0	0	3600.00	3600.00
339020	Auxílio Financeiro a Pesquisadores	0	0	6000.00	6000.00
449020	Auxílio Financeiro a Pesquisadores	0	0	6000.00	6000.00
<b>TOTAIS</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15600.00</b>	<b>15600.00</b>

## 8 - CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Despesa	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	0	0	0
339020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	0	0	3000.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
449020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	0	0	0	0	0	0	0	3000.00	0	0	0	0

## Anexo A

## MEMÓRIA DE CÁLCULO

CLASSIFICAÇÃO DE DESPESA	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANT.	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	ATIVO
339020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	Serviço de terceiros (manutenção de equipamentos)	un	1	2800.00	2800.00	Não
339020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	Passagens	un	1	1500.00	1500.00	Não
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	Bolsa para aluno	mês	9	400.00	3600.00	Sim
339020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	Diárias	un	6	200.00	1200.00	Não
339020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	Material de consumo (reagentes e vidrarias)	un	1	500.00	500.00	Não
339020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	Material de consumo	un	1	3000.00	3000.00	Sim
449020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	Material permanente (multímetro e estufa)	un	1	3000.00	3000.00	Sim
339020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	Material permanente (estufa)	un	1	2350.00	2350.00	Não
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>9.600,00</b>	