

# ESTUDO COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO SUBMETIDO AO EFEITO DO GELO E DEGELO NA FASE DE CURA

Edição 122 MAI/23, Engenharias / 29/05/2023

REGISTRO DOI: 10.5281/zenodo.7982534

José Murilo Barbosa Alves Pereira

Victor Medeiros Tavares

Maria Brunna Mikaelly da Silva

Profº Orientador: Anderson Laursen

## RESUMO

Considerando as mais variadas aplicações do concreto na construção civil e a variação de temperaturas em determinados locais, a aplicação em áreas com temperaturas muito baixas pode alterar algumas de suas propriedades. O presente trabalho tem o objetivo de estudar os efeitos causados pelos ciclos de gelo e degelo na fase de cura do concreto. Uma vez que submetido ao gelo, a água que não reagiu com o cimento Portland fica retida nos poros capilares e é congelada, proporcionando o efeito de expansão do concreto, sendo este efeito revertido após o degelo. Caso este concreto seja submetido a outro congelamento após o degelo, ocorrerá novamente a expansão do concreto, gerando situações como delaminação superficial e perda da massa do concreto, situações estas, que podem alterar significativamente sua durabilidade e resistência. Foi produzido para este estudo, um traço base (rico) utilizando

cimento CP V. E moldados corpos de prova que foram submetidos à cura em tanque de água durante 28 dias, sendo divididos em duas seções após o sétimo dia, onde uma parte permaneceu em tanque, submersos em água, e outra parte foi levado ao freezer, confinados à uma temperatura de -10 °C. A partir deste momento foi dado início aos ciclos de congelamento durante 24 horas, e descongelamento em água por mais 24 horas, totalizando 7 ciclos até o 28º dia. Dos ensaios que foram feitos em Laboratório, foi realizado o ensaio de granulometria, ensaio de abatimento pelo método de tronco de cone (Slump Test), onde foi determinado o abatimento de 100 mm ±2, foi feito também o ensaio de Resistência à Compressão que ocorreu a cada 7 dias, sendo possível realizar a partir do ensaio do 14º dia, a comparação entre os corpos submetidos aos ciclos de gelo, e os corpos que realizavam a cura em tanque, e por ultimo o ensaio de Capilaridade do concreto. Com a conclusão dos ensaios e feito um estudo baseado nos resultados, foi possível constatar que; Os ciclos de gelo e degelo causaram um efeito tardio no alcance da resistência à compressão do concreto durante a cura. Porém, aos 28 dias, foi constatado um efeito reverso, onde o concreto submetido aos ciclos, ultrapassou a média de resistência atingida pelo concreto que realizou a cura normal em água.

**Palavras-chave:** Concreto, Propriedades, Portland, Compressão, gelo e degelo.

## **ABSTRACT**

Considering the most varied applications of concrete in civil construction and the temperature variation in certain locations, the application in areas with very low temperatures can change some of its properties. The present work aims to study the effects caused by ice and thaw cycles in the concrete curing phase. Once subjected to ice, the water that did not react with the Portland cement is retained in the capillary pores and is frozen, providing the concrete expansion effect, this effect being reversed after the thaw. If this concrete is subjected to another freezing after the defrost, the expansion of the concrete will occur again, generating situations such as superficial delamination and loss of concrete mass, situations that can significantly alter its durability and strength. For this study, a base (rich) concrete was produced using CP V cement. And molded specimens were

subjected to curing in a water tank for 28 days, being divided into two sections after the seventh day, where a part remained in tank, submerged in water, and another part was taken to the freezer, confined at a temperature of  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . From this moment on, the freezing cycles were started for 24 hours, and thawing in water for another 24 hours, totaling 7 cycles until the 28th day. Of the tests that were carried out in the laboratory, the granulometry test was carried out, the slump test by the truncated cone method (Slump Test), where the slump of 100 mm  $\pm 2$  was determined, the Compression Resistance test was also carried out, which occurred every 7 days, making it possible to carry out, from the test on the 14th day, the comparison between the bodies submitted to ice cycles, and the bodies that cured in a tank, and finally the concrete capillarity test. With the completion of the tests and a study based on the results, it was possible to verify that; Freeze and thaw cycles had a late effect on the achievement of compressive strength of concrete during curing. However, at 28 days, a reverse effect was observed, where the concrete submitted to the cycles, exceeded the average resistance reached by the concrete that performed the normal cure in water.

**Keywords:** Concrete, Properties, Portland, Compression, freezing and thawing.

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto, no sentido mais amplo, é qualquer produto ou massa produzido a partir do uso de um meio cimentante. Geralmente esse meio é o produto da reação entre um cimento hidráulico e água, mas atualmente mesmo essa definição pode cobrir uma larga gama de produtos. (NEVILLE, 1987). Dentre suas mais variadas aplicações, está o uso em pisos de camaras frias e frigorificas em mercados e industrias, onde o concreto é submetido temperaturas negativas e também ao descongelamento para manutenções, limpezas e etc. “Levando-se em consideração que o concreto é um material poroso e, portanto, possui uma grande capacidade de armazenar água em seus poros, a ação de congelamento provoca aumento de volume dentro dos capilares do concreto causando forte pressão em suas paredes. Quando a temperatura aumenta, a água dentro dos capilares descongela diminuindo a pressão dentro dos capilares e novamente

volta a congelar quando ocorre uma queda de temperatura.” (COSTA, PAIXÃO E MONTEIRO, 2021)

Sabendo que o concreto submetido ao efeito do gelo e degelo, tem perda de resistência devido a expansão da água retida nos poros capilares, uma vez que submetida ao degelo, volta ao seu estado normal, causando descompressão das paredes do concreto, diminuindo sua resistência. Para COSTA, PAIXÃO E MONTEIRO “Um avançado grau de hidratação do cimento, por meio de uma cura no concreto por mais tempo, é imprescindível para a durabilidade do concreto frente a baixas temperaturas, pois a cura pode contribuir para uma melhor hidratação dos poros, reduzindo a 10 permeabilidade da matriz cimentícia, além de, em regiões onde o fenômeno tenha mais probabilidade de acontecer, observar a incorporação de ar no concreto em percentuais adequados para não diminuir a resistência, criando zonas de escape.”

Este trabalho tem como objetivo, analisar o comportamento do concreto, submetido ao efeito do gelo e degelo em fase de cura. Possibilitando a obtenção de novos resultados e a partir deles, proporcionar novas pesquisas na área e desenvolvimento de novas técnicas para correções da ação deste fenômeno.

## **2. METODOLOGIA**

Após alguns dias de estudo e pesquisas realizadas sobre o tema em artigos, livros e revistas. Foi dado início ao planejamento sobre compra de materiais, transporte até o laboratório, armazenamento e etc.

### **2.1 Traço:**

O traço utilizado foi um traço rico, de referência 1:3,5 com teor de argamassa de 50% e relação água/cimento de 0,497%.

#### **2.1.1 Materiais utilizados:**

Para a produção do traço, foi utilizado o cimento CP V ARI, doado pela empresa Polimix Concreto Ltda. O agregado graúdo foi a brita de dimensão 19mm, e

agregado miúdo foi a areia lavada e peneirada.

## 2.2 Caracterização do agregado miúdo (Ensaio de Granulometria):

A análise granulométrica do agregado miúdo foi realizada de acordo com a norma NBR NM 248 (ABNT, 2003). Utilizando as peneiras: malha 4 (4,75mm); malha 8 (2,36mm); malha 16 (1,18mm); malha 30 (600um); malha 50 (300um) e malha 100 (150um).



**Figura 1 – processo de peneiramento do ensaio de granulometria.**

**Fonte: O autor**

Na sequencia, foram pesados os materiais de acordo com os cálculos do traço e, logo após, foram postos na betoneira para início do procedimento.

## 2.3 Ensaio de abatimento pelo método de tronco de cone (Slump Test):

Após a produção do concreto na betoneira, foi feito o ensaio de Abatimento pelo método de tronco de cone (Slump Test), de acordo com a norma NBR NM 67 (ABNT 1996), onde o abatimento determinado era de  $100 \text{ mm} \pm 2$  onde a média foi de 8,0.



**Figura 2 – Slump Test**

**Fonte: O autor**

Após a realização do slump test, foram moldados os corpos de prova, permanecendo em forma por 24 horas e em seguida, desmoldados e levados ao tanque de água para o processo de cura.



**Figura 3 – Corpos de Prova submetidos à cura em tanque de água**

**Fonte: O autor**

#### **2.4 Ciclos de Gelo e Degelo e Ensaio de Resistência à Compressão:**

No sétimo dia de cura submersos em água, foi feito o primeiro ensaio de Resistência a Compressão, de acordo com a norma NBR 5739 (ABNT 2018) e em sequencia, os corpos de prova foram divididos em duas seções, onde uma parte permaneceu em água e outra parte foi levada ao freezer, sendo submetidos aos ciclos de gelo e degelo. Esses ciclos, consistiam no congelamento do concreto durante 24 horas em freezer à uma temperatura de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e depois retirados e colocados em água novamente para o processo de descongelamento (degelo) por mais 24 horas. Após o terceiro ciclo, foi feito novamente o ensaio de Resistência a Compressão, fazendo um comparativo com os corpos de prova que permaneceram fazendo a cura pelo processo normal em água. Os ensaios continuaram ocorrendo a cada 7 dias, finalizando no 28°.

## **2.5 Ensaio de Determinação da Absorção de Água por Capilaridade:**

Após o fim dos ensaios de Resistência a compressão, foi realizado o ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade. Onde dois corpos de prova foram submetidos á estufa por 24 horas, e em seguida colocados em recipiente com 5 mm de água para iniciar o processo de absorção da água e realizar as pesagens. As pesagens foram realizadas com 3, 6, 24, 48 e 72 horas. Após as pesagens, os corpos de prova foram rompidos na horizontal para averiguação da absorção de água.



**Figura 4 – Rompimento por tração, para abertura dos corpos de prova**

**Fonte- O autor**





**Figura 5 – Corpos de prova rompidos e absorção de água exposta**

**Fonte – O autor**

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados abaixo exibidos, foram obtidos no trabalho prático em laboratório, e serão comparados e discutidos no decorrer desta etapa.

#### **3.1 Ensaio de granulometria do agregado miúdo:**

O ensaio de granulometria do agregado miúdo, foi realizado de acordo com o que estabelece a norma NBR NM 248 (ABNT, 2003). A tabela abaixo mostra os resultados.

GRANULOMETRIA AREIA					
PENEIRAS		AREIA	% MATERIAL RETIDO	% MATERIAL RETIDO ACUMULADO	% MATERIAL QUE PASSA
ESPESSURA (mm)	MALHA	PESO (g)			
4,75	4	0	0,00%	0,00%	100%
2,36	8	12.2	2,44%	2,44%	97,56%
1,18	16	44.2	8,84%	11,28%	88,72%
0,6	30	149.1	29,82%	41,10%	58,90%
0,3	50	221.6	44,32%	85,42%	14,58%
0,15	100	59.5	11,90%	97,32%	2,68%
FUNDO:		13.4	2,68%	100,00%	0,00%
TOTAL:		500	100%		

**Tabela 1: ensaio de caracterização do agregado miúdo**

**Fonte: O autor**

### **3.2 Ensaio de abatimento do concreto, pelo método do tronco de cone (Slump test):**

O ensaio de abatimento do concreto, pelo método do tronco de cone (Slump test), foi realizado de acordo com o estabelecido pela norma NBR NM 67 ( ABNT 1996).

O abatimento determinado foi de 100 mm  $\pm$  2, atingindo a média 8,0.

### **3.3 Ensaio de Resistência a compressão:**

Os ensaios de resistência a compressão do concreto, foram realizados seguindo os parâmetros da norma NBR 5739 (ABNT 2018), sendo efetuados a cada 7 dias, comparando a resistência do concreto na fase de cura em situações diferentes.

No primeiro rompimento, efetuado aos 7 dias de cura do concreto, submerso em tanque de agua, a média de resistência obtida foi de 39,56 Mpa, conforme mostra a tabela abaixo.

Idade do CP (dias)	Concreto em cura normal	Concreto com Gelo e Degelo	Diferença entre os dois (Mpa)
07	40.02	0	0
	39.29	0	0
	39.38	0	0
<b>Média (Mpa)</b>	39,56	0,00	0
<b>Desvio Padrão (Mpa)</b>	0.3969	0	00
<b>Coefficiente de Variação</b>	1.003	0,000	0

**Tabela 2: Resultados do ensaio de Resistencia a compressão com 07 dias**

**Fonte: O autor**

O segundo ensaio de Resistencia a compressão foi efetuado aos 14 dias. O concreto submetido aos ciclos de gelo e degelo, já havia passado por 03 ciclos, durante sete dias.

A media de resistência do concreto que realizou a cura pelo processo normal, foi de: 43.86 Mpa. Já a média de resistência do concreto que realizou a cura submetido aos ciclos de gelo e degelo, foi de: 41,93 Mpa.

Com a realização deste segundo ensaio, é possível observar que houve uma diferença de 1,93 Mpa. Onde o concreto submetido aos ciclos de gelo e degelo atingiu uma resistência inferior ao concreto que realizava a cura no processo normal. Como mostra a tabela abaixo, com os resultados dos rompimentos:

Idade do CP (dias)	Concreto em cura normal	Concreto com Gelo e Degelo	Diferença entre os dois (Mpa)
<b>14</b>	43.98	42.19	1.79
	43.53	42.21	1.32
	44.07	41.39	2.93
<b>Média (Mpa)</b>	43.86	41.93	1.93
<b>Desvio Padrão (Mpa)</b>	0.2884	0.4672	-0.1788
<b>Coefficiente de Variação</b>	0.6574	1.114	-0.4566

**Tabela 3: Resultados do ensaio de Resistencia a compressão com 14 dias.**

**Fonte: O autor**

O terceiro ensaio de Resistencia a compressão foi efetuado aos 21 dias. O concreto submetido aos ciclos de gelo e degelo, já havia passado por 05 ciclos, durante 14 dias.

A média de resistência do concreto que realizou a cura pelo processo normal, foi de: 44,30 Mpa, e a média de resistência do concreto que realizou a cura submetido aos ciclos de gelo e degelo, foi de: 43.47 Mpa.

Pode-se observar com este ensaio aos 21 dias, que a média de resistência do concreto submetido aos ciclos de gelo e degelo continua inferior à média de resistência do concreto que realizava a cura no processo normal, porém, é notório que esta diferença está diminuindo, saindo de 1,93 para 0,83 Mpa. Como mostra a tabela abaixo:

Idade do CP (dias)	Concreto em cura normal	Concreto com Gelo e Degelo	Diferença entre os dois (Mpa)
21	38.75	42.41	-3.66
	47.18	44.34	2.84
	46.97	43.66	3.31
<b>Média (Mpa)</b>	44.30	43.47	0.83
<b>Desvio Padrão (Mpa)</b>	4.807	0.9814	3.8256
<b>Coefficiente de Variação</b>	10.85	2.258	8.592

**Tabela 4: Resultados do ensaio de Resistencia a compressão com 21 dias.**

**Fonte: O autor**

Por fim, aos 28 dias, foi realizado o quarto e ultimo ensaio de resistência à compressão. O concreto submetido aos ciclos de gelo e degelo, já havia passado por 07 ciclos, durante 21 dias.

A média de resistência do concreto que realizou a cura pelo processo normal, foi de: 45.46 Mpa, e a média de resistência do concreto que realizou a cura submetido aos ciclos de gelo e degelo, foi de: 46.78 Mpa.

Pode-se observar com este ensaio, que a média de resistência do concreto submetido aos ciclos de gelo e degelo ultrapassou a média de resistência do concreto que realizava a cura no processo normal. Como mostra a tabela abaixo:

Idade do CP (dias)	Concreto em cura normal	Concreto com Gelo e Degelo	Diferença entre os dois
28	47.30	47.54	0.24
	45.66	46.60	0.94
	43.43	46.20	-2.77
<b>Média (Mpa)</b>	45.46	46.78	-1.32
<b>Desvio Padrão (Mpa)</b>	1.942	0.6875	1.2545
<b>Coefficiente de Variação</b>	4.271	1.470	2.801

## **Tabela 5: Resultados do ensaio de Resistencia a compressão com 28 dias.**

**Fonte: O autor**

Com isto, nota-se que os ciclos do gelo e degelo causaram um efeito tardio nas medias de resistência, porem, ao final dos ensaios, esse efeito foi revertido e a média de resistência do concreto submetido a esses ciclos foi maior que média do concreto que realizou a cura pelo processo normal, submerso em tanque de água.

### **3.4 Ensaio de Capilaridade do Concreto**

O ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade foi realizado de acordo com a NBR 9779 (ABNT 1994), e foram submetidos a este ensaio 02 corpos de prova, para que se pudesse obter uma média. Os dois corpos de prova foram submetidos á estufa por 24 horas, e em seguida colocados em recipiente com 5 mm de água para iniciar o processo de absorção da água e realizar as pesagens. As pesagens foram realizadas com 3, 6, 24, 48 e 72 horas.

<b>Pesagens</b>			
<b>Tempo:</b>	<b>Corpo de prova 01</b>	<b>Corpo de prova 02</b>	<b>Média :</b>
<b>Peso seco:</b>	3.586,9 kg	3.550,2 kg	3.568,5 kg
<b>3 horas</b>	3.606,2 kg	3.568,5 kg	3.587,3 kg
<b>6 horas</b>	3.610,9 kg	3.572,9 kg	3.591,9 kg
<b>24 horas</b>	3.621,5 kg	3.582,7 kg	3.602,1 kg
<b>48 horas</b>	3.625,8 kg	3.585,7 kg	3.605,7 kg
<b>72 horas</b>	3.626,8 kg	3.586,4 kg	3.606,6 kg
<b>Absorção:</b>			
	4,3 cm	4,1 cm	4,2 cm

**Tabela 6 – Ensaio de Capilaridade**

**Fonte – O autor**

## **4. CONCLUSÕES**

O intuito principal deste trabalho, foi analisar a influência do gelo e degelo na resistência do concreto, em sua fase de cura, obtendo estes resultados através do ensaio de resistência à compressão. Alguns estudos apontavam a diminuição da resistência do concreto, por parte da ação do gelo e degelo, porém, não foi o que ocorreu neste caso, pois ao final dos ensaios, a resistência adquirida foi maior. Considerando que cimento utilizado foi o CP V, e dosado um traço rico, obteve-se uma alta resistência nos primeiros dias. No decorrer deste estudo pratico, observou-se que o concreto que foi submetido à cura normal, teve aumento gradual e uniforme na sua resistência, no entanto, o concreto submetido ao efeito do gelo e degelo teve um efeito mais tardio, tendo resultados inferiores e conseguindo atingir o mesmo valor de resistência apenas no ultimo ensaio, nota-se que, no ultimo ensaio, realizado aos 28 dias de cura, a resistência do concreto submetido ao efeito do gelo e degelo chegou a ultrapassar a média atingida pelo concreto de cura normal.

Como o tempo para analise deste trabalho foi curto e levando em consideração que o cimento utilizado foi o CP V, recomenda-se para próximos interessados a realizar um estudo mais aprofundado, que seja feito com uma analise com um prazo maior e realizando mais ciclos, pois assim, é possível adquirir resultados mais detalhados, e que possibilitem uma melhor concepção sobre a influencia do gelo e degelo no concreto.

## **5. REFERÊNCIAS**

NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J.

### **TECNOLOGIA DO CONCRETO**

BOOKMAN EDITORA LTDA, Av. Jerônimo de Ornelas, 670 – Santana 90040-340 – Porto Alegre – RS.

Obra originalmente publicada sob o título Concrete Technology 02 Edition

ISBN 0273732196/9780273732198

Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=cqY5AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=+concreto&ots=RXvEyAvpT_&sig=Z7Uz9hgh8sjUw6fVderdxivHD4#v=onepage&q&f=false)

[BR&lr=&id=cqY5AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=+concreto&ots=RXvEyAvpT\\_&sig=Z7Uz9hgh8sjUw6fVderdxivHD4#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=cqY5AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=+concreto&ots=RXvEyAvpT_&sig=Z7Uz9hgh8sjUw6fVderdxivHD4#v=onepage&q&f=false)

MONTEIRO, Analécia; PAIXÃO, Maria Fabiana; COSTA, Fernanda Nepomuceno.

### **INFLUÊNCIA DOS CICLOS GELO-DEGELO EM MATRIZES CIMENTÍCEAS**

Centro Universitário Jorge Amado, [analecia@globo.com](mailto:analecia@globo.com). Universidade Federal da Bahia, [mariafabiana.bp@gmail.com](mailto:mariafabiana.bp@gmail.com). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, [fernandacosta@ufrb.edu.br](mailto:fernandacosta@ufrb.edu.br)

Disponível em: <https://transformauj.com.br/wp-content/uploads/2021/10/11-INFLUENCIA-DOS-CICLOS-GELO-DEGELO-EM-MATRIZES-CIMENTICEAS-Analecia-fernanda-e-maria-fabiana.pdf>

COÊLHO, Ronaldo Sérgio de Araujo.

### **CONCRETO ARMADO NA PRÁTICA.**

EDITORA UEMA Cidade Universitária Paulo VI – CP 09 – Tirirical – 65055-970 – São Luís – MA [www.uema.br](http://www.uema.br) – [ppguema@yahoo.com.br](mailto:ppguema@yahoo.com.br)

Disponível em: <https://www.editorauema.uema.br/wp-content/uploads/files/2018/02/livro-concreto-armado-na-pratica-ronaldo-sergio-1519142039.pdf>

BASTOS, Prof. Dr. Paulo Sérgio.

### **FUNDAMENTOS DO CONCRETO ARMADO**

UNESP – Campus de Bauru/SP

Disponível em:

<https://www.wp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>

NBR NM 248 (ABNT 2003) – **Agregados – Determinação da composição granulométrica.**

NBR NM 67 (ABNT 1996) **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.**

NBR 5739 (ABNT 2018) **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**

NBR 9779 (ABNT 1994) **Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade**

---



[← Post anterior](#)

---

## RevistaFT

A **RevistaFT** é uma **Revista Científica Eletrônica Multidisciplinar Indexada de Alto Impacto e Qualis “B2” em 2023**. Periodicidade mensal e de acesso livre. Leia gratuitamente todos os artigos e publique o seu também [clikando aqui](#).



## Contato

**Queremos te ouvir.**

**WhatsApp:** 11 98597-3405

**e-Mail:** contato@revistaft.com.br

**ISSN:** 1678-0817

**CNPJ:** 48.728.404/0001-22

**CAPES** – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), fundação do Ministério da Educação (MEC), desempenha papel fundamental na expansão e consolidação da pós-graduação stricto sensu (mestrado e doutorado) em todos os estados da Federação.

Conselho Editorial

**Editores Fundadores:**

Dr. Oston de Lacerda Mendes.

Dr. João Marcelo Gigliotti.

**Editor Científico:**

Dr. Oston de Lacerda Mendes

**Orientadoras:**

Dra. Hevellyn Andrade Monteiro

Dra. Chimene Kuhn Nobre

Dra. Edna Cristina

Dra. Tais Santos Rosa

**Revisores:**

Lista atualizada periodicamente em [revistaft.com.br/expediente](http://revistaft.com.br/expediente) Venha fazer parte de nosso time de revisores também!

Copyright © Editora Oston Ltda. 1996 - 2023

Rua José Linhares, 134 - Leblon | Rio de Janeiro-RJ | Brasil