

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ**  
**EVANDRO ROBERTO HOLZ**  
**LUCAS ANTONIO PRIMON**

**TRANSPORTE DO CONCRETO USINADO: ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À  
COMPRESSÃO EM RELAÇÃO À INCORPORAÇÃO DE AR**

**CASCATEL - PR**  
**2017**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ**

**EVANDRO ROBERTO HOLZ**

**LUCAS ANTONIO PRIMON**

**TRANSPORTE DO CONCRETO USINADO: ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À  
COMPRESSÃO EM RELAÇÃO À INCORPORAÇÃO DE AR**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professor Orientador:** Prof. Me. Eng. Civil,  
Maycon André de Almeida

**CASCADEL - PR  
2017**

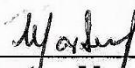
**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG**

**EVANDRO ROBERTO HOLZ  
LUCAS ANTONIO PRIMON**

**TRANSPORTE DO CONCRETO USINADO: COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA À  
COMPRESSÃO EM RELAÇÃO À INCORPORAÇÃO DE AR**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor Eng. Me. Maycon André de Almeida.

**BANCA EXAMINADORA**



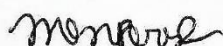
---

Orientador Prof. **Mestre Maycon Andre de Almeida**  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Engenheiro Civil



---

Professora **Mestre Andrea Resende Souza**  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Engenheira Civil



---

Professora **Mestre Maria Vânia Nogueira do  
Nascimento Peres**  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Engenheira Civil

Cascavel, 22 de Novembro de 2017.

## **EPÍGRAFE**

“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência.”

Henry Ford

## RESUMO

O concreto é o material construtivo mais utilizado no mundo e seu consumo vem crescendo ainda mais devido às facilidades proporcionadas para se trabalhar com o mesmo. Este aumento também difundiu o ramo das usinas concreteiras, que fornecem o concreto dosado em central, e trazem melhor controle de qualidade, evitando desperdício e necessidade de estocagem do mesmo. Portanto, o concreto dosado é utilizado principalmente para finalidades estruturais onde há necessidade de uma maior resistência e segurança. Entretanto, alguns fatores podem influenciar na resistência do concreto usinado, sendo um deles o transporte, que pode ocasionar na incorporação de ar, reduzindo a densidade do material e consequentemente diminuindo sua resistência. Portanto, através deste estudo buscou-se verificar estatisticamente o quanto o transporte influencia na incorporação de ar e na resistência mecânica do concreto. Essa verificação fez-se através dos resultados de ensaios de densidade e de resistência à compressão em corpos de prova moldados pelos acadêmicos na central concreteira e também na obra onde o concreto foi utilizado. A moldagem e a cura foram submetidas às condições ideais recomendadas por norma, até o dia do rompimento. Foram analisados 18 corpos de prova para cada um dos três lotes, sendo 9 da obra e 9 da usina concreteira, totalizando 54 corpos de prova. Os testes de densidade e resistência à compressão foram realizados pelos acadêmicos no laboratório do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz nas idades de 7, 21 e 28 dias. Assim, com esta pesquisa buscou-se verificar se durante o transporte do concreto houve incorporação de ar e a influência desta incorporação nos resultados dos testes de resistência à compressão do concreto, e ao final dos ensaios, notou-se que diferentemente do que era esperado, o transporte a longas distâncias foi benéfico e agiu como um desincorporador de ar em 100% dos casos, aumentando a densidade do material em média 1,35%. Entretanto, para o transporte em longas distâncias, há a necessidade de adição de água para manutenção da trabalhabilidade e consistência do material, aumentando assim o fator água/cimento e reduzindo a resistência mecânica do concreto. Assim sendo, apesar de auxiliar no ganho de densidade, o transporte em longas distâncias é muito mais prejudicial que benéfico, devido ao aumento do fator água/cimento, que influencia relativamente mais que o pequeno ganho de densidade ocorrido.

**Palavras-chave:** Água/cimento. Resistência mecânica. Densidade. Trabalhabilidade.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Diagrama Tensão x Deformação do concreto.....                                    | 17 |
| Figura 2: Adensamento Manual .....                                                         | 19 |
| Figura 3: Esquema básico de um vibrador de imersão.....                                    | 20 |
| Figura 4: Moldes plásticos para corpo de prova.....                                        | 23 |
| Figura 5: Haste metálica .....                                                             | 24 |
| Figura 6: Ensaio de abatimento do concreto .....                                           | 25 |
| Figura 7: Retirada do ar com auxílio da colher de pedreiro .....                           | 26 |
| Figura 8: Adensamento mecânico no corpo de prova e na concretagem .....                    | 27 |
| Figura 9: Retificadora de corpo de prova com disco diamantado e corpo de prova retificado  | 29 |
| Figura 10: Processo de colagem da argamassa de enxofre.....                                | 30 |
| Figura 11: Base do corpo de prova regularizada após o capeamento.....                      | 30 |
| Figura 12: Corpo de prova centralizado na prensa .....                                     | 31 |
| Figura 13: Instrumentos de teste e coleta do concreto.....                                 | 36 |
| Figura 14: Teste de consistência do concreto.....                                          | 36 |
| Figura 15: Corpos de prova moldados.....                                                   | 38 |
| Figura 16: Processo de cura dos corpos de prova na câmara úmida .....                      | 38 |
| Figura 17: Retificação dos corpos de prova e coleta de medidas através do paquímetro ..... | 39 |
| Figura 18: Ensaio de resistência à compressão .....                                        | 40 |
| Figura 19: Diferença de densidade entre a obra 1 e a concreteira.....                      | 43 |
| Figura 20: Comparativo da densidade do concreto – Lote 1 .....                             | 43 |
| Figura 21: Diferença de densidade entre a obra 2 e a concreteira.....                      | 44 |
| Figura 22: Comparativo da densidade do concreto – Lote 2.....                              | 44 |
| Figura 23: Diferença de densidade entre a obra 3 e a concreteira.....                      | 45 |
| Figura 24: Comparativo da densidade do concreto – Lote 3.....                              | 45 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Moldes plásticos para corpo de prova .....                                | 15 |
| Tabela 2: Traço usual para o cimento CP II F-40.....                                | 21 |
| Tabela 3: Número de camadas para moldagem dos corpos de prova.....                  | 24 |
| Tabela 4: Classe de consistência .....                                              | 25 |
| Tabela 6: Tolerância para idade de ensaio.....                                      | 31 |
| Tabela 7: Coeficiente <b><i>d2</i></b> .....                                        | 33 |
| Tabela 8: Avaliação através do coeficiente de variação dentro do ensaio .....       | 34 |
| Tabela 8: Traço base utilizado para dosagem com CP II F-40.....                     | 37 |
| Tabela 9: Informações dos dias das moldagens .....                                  | 42 |
| Tabela 10: Resultados do ensaio de densidade na usina concreteira e na obra 1 ..... | 42 |
| Tabela 11: Resultados do ensaio de densidade na usina concreteira e na obra 2 ..... | 43 |
| Tabela 12: Resultados do ensaio de densidade na usina concreteira e na obra 3 ..... | 45 |
| Tabela 13: Densidade média e desvio padrão aos 28 dias.....                         | 46 |
| Tabela 14: Resultados do ensaio de resistência à compressão .....                   | 47 |
| Tabela 15: Resultados dos ensaios de resistência à compressão aos 28 dias. ....     | 49 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Equação 1: Cálculo da relação água/cimento .....                        | 22 |
| Equação 2: Estimativa do desvio padrão de resistência à compressão..... | 33 |
| Equação 3: Cálculo do coeficiente de variação.....                      | 34 |
| Equação 4: Média aritmética simples da densidade e resistência .....    | 40 |
| Equação 5: Desvio padrão .....                                          | 41 |
| Equação 6: Resistência característica do concreto. ....                 | 41 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1: Comparativo da resistência à compressão dos corpos de prova moldados na usina<br>concreteira e na obra – Lote 1 ..... | 47 |
| Gráfico 2: Comparativo da resistência à compressão dos corpos de prova moldados na usina<br>concreteira e na obra – Lote 2 ..... | 48 |
| Gráfico 3: Comparativo da resistência à compressão dos corpos de prova moldados na usina<br>concreteira e na obra – Lote 3 ..... | 48 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ABCP** - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO *PORTLAND*

**ABNT** – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

**A/C** – FATOR ÁGUA/CIMENTO

**CM** – CENTÍMETROS

**CP** – CORPO DE PROVA

**FCK** – RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA

**INT** - INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA

**IPT** - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

**ITERS** - INSTITUTO TECNOLÓGICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

**KM** - QUILOMETROS

**MG** – MILÍGRAMAS

**MM** - MILÍMETROS

**MPA** – MEGA PASCAL

**NBR** – NORMA BRASILEIRA REGISTRADA

**PR** – PARANÁ

**SIMEPAR** – SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ

## SUMÁRIO

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....                                                        | 8  |
| 1.1 INTRODUÇÃO .....                                                           | 8  |
| 1.2 OBJETIVOS .....                                                            | 9  |
| 1.2.1 Objetivo geral.....                                                      | 9  |
| 1.2.2 Objetivos específicos .....                                              | 9  |
| 1.3 JUSTIFICATIVA .....                                                        | 9  |
| 1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....                                               | 10 |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....                                                        | 12 |
| 2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                                                | 12 |
| 2.1.1 O material concreto.....                                                 | 12 |
| 2.1.1.1 Cimento.....                                                           | 12 |
| 2.1.1.2 Agregados .....                                                        | 14 |
| 2.1.1.3 Água.....                                                              | 14 |
| 2.2 ADITIVOS .....                                                             | 15 |
| 2.3 RESISTÊNCIA DO CONCRETO ( $F_{ck}$ ) .....                                 | 16 |
| 2.4 PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUENCIAM NA RESISTÊNCIA DO CONCRETO              | 17 |
| 2.4.1 Transporte .....                                                         | 17 |
| 2.4.2 Lançamento .....                                                         | 18 |
| 2.4.3 Cura .....                                                               | 18 |
| 2.4.4 Adensamento .....                                                        | 19 |
| 2.4.5 Dosagem e Traço .....                                                    | 20 |
| 2.4.6 Fator água/cimento ( $A/C$ ).....                                        | 22 |
| 2.5 ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL .....                            | 23 |
| 2.5.1 Dimensões básicas e características básicas dos moldes cilíndricos ..... | 23 |
| 2.5.2 Adensamento e moldagem dos corpos de prova .....                         | 23 |
| 2.5.2.1 Adensamento Manual .....                                               | 25 |
| 2.5.2.2 Adensamento Mecânico.....                                              | 26 |
| 2.5.3 Rasamento .....                                                          | 27 |
| 2.5.4 Condições de cura dos corpos de prova .....                              | 27 |
| 2.5.4.1 Cura Inicial.....                                                      | 27 |

|                   |                                                                                                             |    |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5.4.2           | Corpos de prova moldados para comprovar a qualidade e a uniformidade do concreto durante a construção ..... | 28 |
| 2.5.4.3           | Corpos de prova moldados para verificar as condições de proteção e cura do concreto                         | 28 |
| 2.5.5             | Tipo de ruptura dos corpos de prova .....                                                                   | 29 |
| 2.5.6             | Execução do ensaio .....                                                                                    | 30 |
| 2.6               | APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS .....                                                       | 32 |
| 2.6.1             | Avaliação estatística de desempenho do ensaio.....                                                          | 32 |
| <b>CAPÍTULO 3</b> | .....                                                                                                       | 35 |
| 3.1               | METODOLOGIA .....                                                                                           | 35 |
| 3.1.1             | Tipo de estudo e local da pesquisa .....                                                                    | 35 |
| 3.1.2             | Instrumentos.....                                                                                           | 35 |
| 3.1.3             | Coleta das amostras.....                                                                                    | 36 |
| 3.1.4             | Determinação da densidade do concreto.....                                                                  | 38 |
| 3.1.5             | Determinação da resistência do concreto aos 7, 21 e 28 dias .....                                           | 39 |
| 3.1.6             | Densidade e resistência média .....                                                                         | 40 |
| 3.1.7             | Resistência característica .....                                                                            | 41 |
| <b>CAPÍTULO 4</b> | .....                                                                                                       | 42 |
| 4.1               | RESULTADOS E DISCUSSÕES .....                                                                               | 42 |
| 4.1.2             | Análise da incorporação de ar .....                                                                         | 42 |
| 4.1.3             | Análise dos ensaios de ruptura .....                                                                        | 46 |
| <b>CAPÍTULO 5</b> | .....                                                                                                       | 51 |
| 5.1               | CONCLUSÃO.....                                                                                              | 51 |
| <b>CAPÍTULO 6</b> | .....                                                                                                       | 53 |
| 6.1               | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....                                                                       | 53 |
|                   | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                            | 54 |
|                   | APÊNDICE A .....                                                                                            | 56 |
|                   | ANEXOS .....                                                                                                | 59 |

## CAPÍTULO 1

### 1.1 INTRODUÇÃO

O concreto é o material construtivo mais consumido no mundo. Segundo Pedroso (2009), anualmente no mundo são consumidos 11 bilhões de toneladas de concreto, ou seja, um consumo médio de 1,9 toneladas de concreto por habitante. Segundo divulgação da pesquisa encomendada pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) que ocorreu na Concrete Show 2013, em sete anos, o consumo do concreto no Brasil cresceu 180%. Este crescimento se dá pela facilidade proporcionada para trabalhar com este material, tendo fácil locomoção, aplicação diretamente no local desejado, grande maleabilidade, possuindo grande resistência e podendo ser pré-moldado em diferentes formas e tamanhos, dando agilidade para a obra.

Sendo a resistência à compressão axial a principal propriedade do concreto e também a principal característica adotada para dimensionamento estrutural, ela está diretamente relacionada à estabilidade e a segurança da estrutura. Para garantir o desempenho desta, o controle tecnológico dos materiais somados a testes de resistência é imprescindível. É a partir desse controle que se pode verificar possíveis inconformidades e prever futuras patologias.

A resistência à compressão é uma característica muito sensível, capaz de indicar com aptidão possíveis variações da qualidade de um concreto, da dosagem dos agregados e insumos. A baixa resistência do concreto não acarreta apenas prejuízo financeiro, mas também tempo, desgaste e desconfiança. A resistência à compressão do concreto é determinada através de ensaios padronizados por normas e de fácil execução, seguindo a NBR 5739 (2007): Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, utilizando corpos de prova de concreto, moldados conforme recomendações da NBR 5738 (2015): Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova e extraídos conforme recomendado pela NBR 7680 (2007): Concreto – Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto.

Entretanto, a baixa resistência obtida em testes de rompimento de corpos de prova, por vezes não é ocasionada por erros na avaliação do material, na dosagem ou no método de moldagem e cura do mesmo, mas sim pela incorporação de ar devido ao transporte do concreto até na obra ou até pela adição de água para manutenção de sua consistência. Estes fatores podem ser decisivos nos resultados obtidos nos testes de resistência, principalmente à compressão.

O objetivo desta pesquisa foi comparar o corpo de prova moldado na usina concreteira com o corpo de prova moldado *in loco*, e assim analisar a influência do transporte nos resultados dos testes de resistência à compressão do concreto.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar a resistência à compressão do concreto devido à incorporação de ar durante o transporte da usina concreteira até o local de aplicação e analisar estatisticamente a variabilidade que ocorre nos resultados.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Comparar os resultados de ensaio de resistência à compressão do concreto usinado na central concreteira e após o transporte, na obra;
- Verificar o teor de ar incorporado no concreto usinado devido ao transporte até o local de aplicação;
- Analisar estatisticamente a variabilidade que ocorre na resistência à compressão em relação à incorporação de ar.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A aplicação do concreto com resistência inferior ao previsto pode implicar em possíveis fatalidades ou prejuízos à edificação como patologias, trincas e/ou fissuras. Dentre os fatores que podem interferir negativamente à resistência do concreto, inclui-se a incorporação de ar ao concreto como um deles, o concreto com ar incorporado não é indicado em construções de grandes estruturas como elementos flutuantes, viadutos e pontes, por não proteger a armadura de aço da estrutura e proporcionar uma baixa resistência à compressão, ou seja, mesmo o concreto com ar incorporado intencionalmente através dos aditivos incorporadores de ar, não é recomendado seu uso para obras que requerem grandes esforços devido à sua baixa resistência se comparado ao concreto mais denso.

O tempo de mistura é um dos grandes responsáveis pela quantidade de ar incorporada ao compósito. Deve-se, entretanto, atentar para a quantidade de vazios de ar incorporados à mistura, pois, segundo Mehta e Monteiro (2006), existe uma relação inversa entre a quantidade

de vazios e a resistência de sólidos, quanto maior o número de vazios no concreto, menos resistente ele será. Deste modo, é essencial o estudo da interferência da incorporação de ar na resistência mecânica do concreto.

Como a aplicação do concreto interfere diretamente na segurança das estruturas, podendo trazer sérios riscos para a edificação e consequentemente causando riscos as pessoas, portanto, com essa pesquisa pretendeu-se identificar estatisticamente a influência do transporte e das condições do ambiente na incorporação de ar do concreto, verificando a variabilidade da incorporação com distâncias e tempos variáveis.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram executados corpos de provas na usina concreteira e nos locais de concretagem, levando em consideração o tempo gasto, distância percorrida, condições como vento, temperatura e umidade do ar.

Por fim, este estudo contribui para o desenvolvimento profissional e também como um acréscimo de conhecimento para os acadêmicos de engenharia civil e profissionais da área de engenharia, buscando melhoria em processos e controle do concreto utilizado.

#### 1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual é a possível influência que a incorporação de ar que ocorre durante o transporte do concreto usinado até na obra pode gerar na resistência à compressão do concreto?

#### 1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

A distância, assim como o tempo de transporte do concreto usinado até na obra, têm grande influência na resistência final à compressão, pois implicam na necessidade de manutenção da consistência do material. A incorporação de ar e a adição de água para manutenção desta consistência, por vezes não são consideradas na hora do dimensionamento e dosagem do concreto, com isso o concreto não tem as mesmas características solicitadas em projeto e uma delas é a resistência à compressão (MARTINS e SOUZA, 2004).

#### 1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi limitada ao levantamento das diferenças da resistência a compressão e densidade do concreto, na usina concreteira e após o transporte até a obra nas cidades de Medianeira e Céu Azul, Paraná.

Ao todo, foram rompidos 54 corpos de prova, divididos em três lotes, ou seja, referente á três obras diferentes. Para cada lote, tem-se 18 corpos de prova, sendo 9 moldados na usina concreteira e 9 moldados na obra. Os testes foram realizados com idades de 7, 21 e 28 dias, em cada ensaio foram utilizados 3 corpos de prova da obra e 3 da usina.

A moldagem dos corpos de prova foi realizada *in loco* e posteriormente os testes laboratoriais foram realizados no Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz. Restringe-se à pesquisa aos testes de resistência à compressão e densidade dos corpos de prova, e análise estatística dos resultados.

## CAPÍTULO 2

### 2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1.1 O material concreto

Segundo Neville (1997), o concreto é um material composto por uma mistura de areia, pedras britadas, água e cimento, podendo ainda conter aditivos para melhoramento de suas características adaptando-se as necessidades.

Devido à sua grande utilização em componentes estruturais, é de suma importância que seus componentes tenham um controle de qualidade na determinação dos materiais, do traço, aplicação e cura.

##### 2.1.1.1 Cimento

Neville (1997) define cimento como todo material com propriedades coesivas e adesivas capaz de unir fragmentos de minerais entre si de modo a formar um todo compacto.

No campo da construção, o significado do termo “cimento” se restringe aos minerais ligantes usados com pedras, areia, tijolos, blocos etc. Os cimentos que interessam no preparo do concreto têm a propriedade de endurecer mesmo dentro d’água, devido a reações químicas com esse elemento, e, portanto, são denominados cimentos hidráulicos (Neville, 1997).

Os principais e mais usuais cimentos são: Cimento Portland Comum - CP I e CP I-S, Cimento Portland Composto - CP II-Z, CP II-F e CP II-E, Cimento Portland de alto-forno - CP III, Cimento Portland Pozolânico - CP IV, Cimento Portland de alta resistência inicial - CP V – ARI e o Cimento Portland Resistente a Sulfatos – RS. Tais cimentos têm as suas propriedades e são identificados com a sua sigla e classe de resistência correspondente, seguindo a norma específica NBR 5732 (1991) conforme descrito abaixo:

- Cimento Portland Comum - CP I e CP I-S

O tipo mais básico de cimento é o CP I, ele é composto de clínquer Portland e tem adição de sulfato de cálcio. O cimento CP I-S se diferencia pela adição de material pozolânico, em torno de 1 a 5% em massa.

- Cimento Portland Composto - CP II-Z, CP II-F e CP II-E

Os cimentos CP II são cimentos comuns, mas com adições. O cimento CP II-Z tem adição de material pozzolânico de 6 a 14% em massa, já o CP II-F contém a adição de filler entre 6 a 10%. Por fim o CP II-E tem em sua composição o acréscimo de escoria de alto forno, em torno de 6 a 34% em massa. A adição do filler proporciona ao concreto convencional características como: trabalhabilidade, densidade, exsudação, permeabilidade, além de ser inerte quimicamente.

- Cimento Portland de alto-forno - CP III

O cimento CP III contém a adição de 35 a 70% de escoria de alto-forno, além de ter vantagens em relação ao meio ambiente por ser um resíduo, a escória de alto-forno apresenta baixo custo e proporciona vantagens técnicas como baixo calor de hidratação, alta resistência mecânica e durabilidade em meios agressivos.

- Cimento Portland Pozzolânico - CP IV

O cimento CP IV contém adição de 0 a 5% de material carbonático, 15 a 50% de material pozzolânico e 5 a 45% de clínquer (sulfato de cálcio).

- Cimento Portland de alta resistência inicial - CP V – ARI

O cimento CP V-ARI, ou seja, de alta resistência inicial não tem adições como o cimento comum, mas a diferença entre eles está no processo de dosagem e produção do clínquer. O CP V-ARI é composto por um clínquer de dosagem distinta de calcário e argila e com moagem muito mais fina.

- Cimento Portland Resistente a Sulfatos – RS

Qualquer cimento supracitado pode ser classificado como resistente a sulfatos, mas deve ter as características abaixo:

- Clínquer com teor de aluminato de tricálcico e teor de adições carbonáticas entre 8 e 5% em massa;
- Cimentos de alto forno com adição de escória de alto forno de 60 a 70%;
- Cimentos pozolânicos entre 25 e 40% em massa;
- Cimentos que tenham resultados de ensaios de longa duração ou de obras que garantem a resistência aos sulfatos. (KIHARA, CENTURIONE, 2005).

#### 2.1.1.2 Agregados

Agregado pode ser entendido como um o material granular, sem volume e forma definidos, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para utilização em obras de engenharia. São agregados, os fragmentos rolados no leito dos cursos d'água, as rochas britadas e os materiais encontrados em jazidas derivados de alterações de rocha.

Sua aplicação é variada, servem para lastro de vias férreas, bases para calçamentos, também são adicionados aos solos que constituem a pista de rolamento das estradas, entram na composição de material para revestimentos betuminosos e podem ser utilizados como material granular e inerte na confecção de argamassas e concretos.

Os agregados desempenham um importante papel nas argamassas e concretos, quer do ponto de vista econômico, quer do ponto de vista técnico, exercendo ainda influência benéfica sobre algumas características importantes, como: a retração, e o aumento da resistência ao desgaste, etc (PETRUCCI, 1970).

Os agregados podem ser classificados como naturais e artificiais. Os naturais são encontrados na natureza sob a forma de agregados, por exemplo, as areias, sendo de mina ou de cursos d'água, e os pedregulhos ou seixos rolados. Já os artificiais são aqueles que necessitam de um trabalho pela ação do homem, a fim de chegar à situação de uso como agregado, representados por areias e pedras obtidas por moagem de fragmentos maiores (PETRUCCI, 1970).

#### 2.1.1.3 Água

A água é um material de grande importância ao concreto, pois é ela quem desencadeia as reações que fazem com que o cimento se torne um agente ligante (NEVILLE, 1997). Em geral, a água do concreto é constituída daquela adicionada à mistura e daquela retida pelos

agregados quando entram nas betoneiras. Uma parte desta última água é absorvida no interior da estrutura dos agregados enquanto uma parte está presente como água livre na superfície do agregado e, portanto, não se distingue da água adicionada diretamente na betoneira (NEVILLE, 1997).

A qualidade da água é importante, pois suas impurezas podem afetar a pega do cimento, interferir de maneira desfavorável na resistência final do concreto, ocasionar manchas na superfície ou facilitar o processo de corrosão. Sendo assim, indispensável a verificação da água de amassamento e de cura (NEVILLE, 1997).

Para evitar tais problemas é fundamental que a água misturada ao cimento satisfaça alguns requisitos mínimos de qualidade, especificados pela NM 137:97 - Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland, tais requisitos são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Moldes plásticos para corpo de prova

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| PH                             | 5,5 – 9,0   |
| Sólidos Totais                 | ≤ 5000 mg/l |
| Sulfatos                       | ≤ 2000 mg/l |
| Cloretos - Concreto Simples    | ≤ 2000 mg/l |
| Cloretos - Concreto Armado     | ≤ 700 mg/l  |
| Cloretos - Concreto Protendido | ≤ 500 mg/l  |
| Açúcar                         | ≤ 5 mg/l    |
| Matéria Orgânica               | ≤ 3 mg/l    |

Fonte: NM 137, 1997

Entretanto, é importante acrescentar que esta verificação somente é necessária se a água não provém da rede pública de água potável, pois, é considerado que o material está dentro dos padrões determinados.

## 2.1. ADITIVOS

Entende-se por aditivos as substâncias que são adicionadas intencionalmente ao concreto, com a finalidade de reforçar ou melhorar certas características, inclusive facilitando seu preparo e utilização. É conveniente ressaltar que um aditivo nunca pretenderá corrigir defeitos intrínsecos ao concreto, provenientes de dosagem incorreta (PETRUCCI, 1993).

Os aditivos podem ser classificados em vários tipos e finalidades, entretanto, os mais usuais são os plastificantes, superplastificantes, retardadores, aceleradores e incorporadores de ar.

- **Plastificantes e Superplastificantes:** aditivos redutores de água permitem a redução da quantidade de água no concreto para a obtenção de um determinado abatimento, melhorando as propriedades mecânicas e de durabilidade. Comercialmente estes aditivos podem reduzir a água total de mistura entre 5% a 25%, quando comparados à mistura de referência sem aditivo redutor de água (COLLEPARDI, 1984). Segundo Mehta e Monteiro (2008), os aditivos redutores de água podem ser empregados em concreto visando três objetivos distintos: economizar o cimento, aumentar a fluidez, aumentar a resistência.
- **Retardadores:** Tem por objetivo prolongar o tempo fluido do concreto, retardando o tempo de pega. É comumente utilizado para produção de calda de cimento para injeção de bainhas de cabos de protensão, concretagem de grandes peças (manutenção da trabalhabilidade) e transporte de concreto por longo período.
- **Aceleradores:** Os aditivos aceleradores de pega têm por objetivo de acelerar as reações de hidratação, proporcionando a desforma das peças em menor espaço de tempo (VARGAS, 2002). Em geral os aditivos aceleradores de pega afetam ou modificam as reações de hidratação do cimento, atuando de uma maneira especial na hidratação do cimento, atuando de uma maneira especial na hidratação das fases à base de aluminatos.
- **Incorporadores de ar:** São aditivos utilizados na fabricação de concretos e argamassas celulares, que proporcionam ao concreto/argamassa alta incorporação de ar, fluidez e estabilidade dimensional. Além disso, proporciona isolamento térmico e acústico, pois incorpora microbolhas que, após o concreto endurecido, formam poros que dificultam a propagação de ondas de calor e sonoras em seu interior. É indicado para a produção de concretos e argamassas para o enchimento de valas, reposição de sub-bases de pavimentação, bases de lajes para pisos e dormentes, preenchimentos especiais, etc.

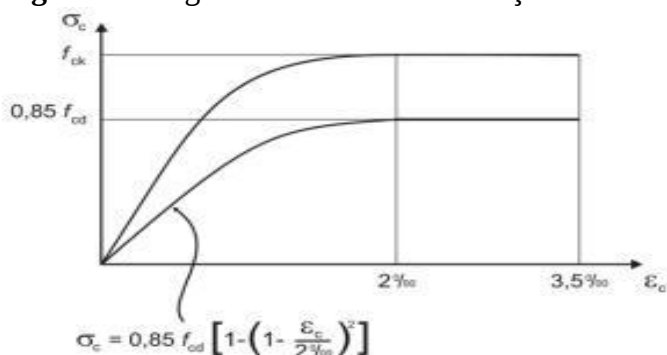
## 2.2. RESISTÊNCIA DO CONCRETO ( $F_{ck}$ )

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a resistência de um material é a capacidade de resistir a tensões sem ocorrer ruptura, que pode ser identificada com o surgimento de fissuras. Para estruturas de concreto, a resistência característica do concreto à compressão ( $f_{ck}$ ) é a principal propriedade do material. Essa propriedade é medida em Mega Pascal (Mpa), e aponta o esforço máximo em que o concreto pode ser submetido sem ruir. O diagrama da Figura 1 representa a relação tensão x deformação do concreto.

A resistência à compressão tem grande importância para si mesma e para a influência exercida sobre outras propriedades. Ela dá um parâmetro sobre a qualidade do concreto, porque está diretamente relacionada com a estrutura da pasta de cimento (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

O corpo de prova, no ensaio de compressão, pode ser considerado rompido sem ter fissuras externas aparentes, mas pode conter fissuras internas muito graves que não suportam mais carga. Na Figura 1 está representado o comportamento do concreto em termos de tensão e deformação.

**Figura 1:** Diagrama Tensão x Deformação do concreto



Fonte: NBR 6118, 2003

## 2.4. PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUENCIAM NA RESISTÊNCIA DO CONCRETO

### 2.4.1. Transporte

O concreto deve ser transportado do local de amassamento para o local de lançamento o mais rapidamente possível e de maneira tal que mantenha sua homogeneidade, evitando assim a segregação dos materiais – separação dos materiais componentes do concreto.

Este transporte poderá ser na direção horizontal, vertical ou oblíqua. Na direção horizontal utilizam-se carrinhos, vagonetes, estes, mais favoráveis quando providos de rodas de pneumáticos. Já na direção vertical, caçambas, guinchos, etc., enquanto que na oblíqua correias transportadoras, calhas, entre outros.

Tanto o transporte horizontal quanto o vertical podem ser executados por meio de bombas apropriadas, que recalcam o concreto através de canalizações. No caso de caminhões usados para transporte a longa distância, faz-se necessário o uso de agitação para evitar a segregação do concreto (Petrucci, 1993).

#### 2.4.2. Lançamento

O concreto deve ser lançado logo após a mistura, não sendo permitido, intervalo superior à uma hora entre o amassamento e o lançamento, exceto em caso de uso de aditivos retardadores de pega. Não se admite o uso de concreto remisturado, ou seja, usar de um concreto já dosado e acrescido de água previamente em uma nova mistura.

Ao sair da betoneira, forças internas e externas tendem a provocar segregação dos constituintes do concreto. Ao lançar o concreto de grande altura ou deixá-lo correr livremente, haverá tendência à separação entre a argamassa e o agregado graúdo, e a fim de evitar a separação e incrustação da argamassa nas formas e armaduras, o concreto, em peças muito delgadas, tais como paredes, devem ser colocados através de canaletas de borracha ou tubos flexíveis.

A altura de lançamento, em concretagens comuns, não deve ser superior à 2 metros, e o concreto deve ser lançado o mais próximo possível de sua posição final, não devendo fluir dentro das formas.

#### 2.4.3. Cura

Conforme Mehta e Monteiro (1994) a cura do concreto trata dos procedimentos destinados a promover a hidratação do cimento, consistindo do controle do tempo, temperatura e condições de umidade, imediatamente após a colocação do concreto nas fôrmas.

Segundo Canovas (1988), o vento seco e o aumento de temperatura ocasionam o rápido ressecamento do concreto, ocasionando uma série de efeitos patológicos. A perda de água quando ocorre de maneira mais rápida que o ganho da resistência inicial, ocasiona retração, levando à fissuração do concreto. Se o ressecamento for muito grande, é possível que não tenha

água suficiente para a hidratação do cimento, ocorrendo então a desagregação mais ou menos superficial, levando o concreto a ficar com resistência abaixo do esperado.

A cura consiste em evitar a retração hidráulica nas primeiras idades – perda precoce de umidade – e controlar a temperatura do concreto quando este ainda não tem resistência suficiente para evitar a formação de fissuras (MEHTA E MONTEIRO, 1994).

#### 2.4.4. Adensamento

O adensamento do concreto lançado tem como objetivo deslocar, com esforço, os elementos que o compõem, e orientá-los de maneira a fornecer maior compacidade, obrigando as partículas a ocupar os vazios e retirar o ar do material.

Os processos de adensamento para a retirada do ar podem ser manuais, onde estão inclusas o socamento (apiloamento), e mecânicos, por meio de vibrações. A vibração manual é geralmente usada para moldes de corpo de prova ou pequenas concretagens, onde não é solicitada rapidez e rendimento, ela é efetuada com auxílio de uma haste metálica de ponta semiesférica com diâmetro de 16 mm, o adensamento ocorre conforme Figura 2.

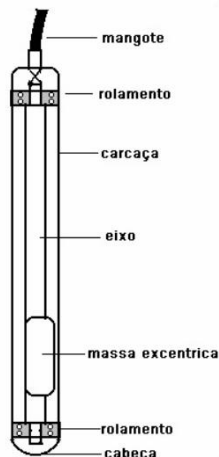
**Figura 2:** Adensamento Manual



Fonte: Autor, 2017

Para o adensamento mecânico, existem variados tipos de vibradores disponíveis no mercado, como por exemplo, régua vibratórias, vibradores externos (ou de fôrma), mesas vibratórias, etc., entretanto, o mais utilizado é o vibrador de imersão ou de agulha (Figura 3), utilizados em vigas, lajes e pilares. O vibrador deve ser inserido lentamente na massa de concreto, até o fundo da camada que se deseja adensar e deve ser mantido na posição durante 5 a 15 segundos, até retirá-lo lentamente e posicioná-lo novamente em outra área de ação.

**Figura 3:** Esquema básico de um vibrador de imersão



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2005

É importante ressaltar que para o adensamento, a vibração aplicada diretamente à armadura tem sérios inconvenientes, pois, caso a armadura entre em vibração, um espaço vazio pode se formar ao seu redor, eliminando assim a aderência entre o concreto e a armadura.

A distribuição dos agregados graúdos de maneira uniforme por todo o concreto é de grande importância para que sua resistência seja também uniforme atendendo assim à resistência mínima desejada por todo o volume do concreto. Portanto, pode-se acrescentar a importância da argamassa que quando em vibração atua como um lubrificante entre os agregados graúdos, facilitando sua acomodação e preenchendo de maneira uniforme o volume da peça concretada.

#### 2.4.5. Dosagem e Traço

Dosagem é a proporção mais adequada e econômica dos materiais que compõe o concreto, ou seja, cimento, água, agregados, aditivos e adições. Também conhecida por traço, essa proporção ideal é expressa em volume ou massa, sendo mais adequado e rigoroso a utilização da massa seca dos materiais para o cálculo da dosagem.

Os principais materiais utilizados nos concretos e que devem ser considerados no estudo da dosagem são: os vários tipos cimentos, agregados miúdos e graúdos, água, o ar aprisionado e incorporado, adições, aditivos, fibras e os pigmentos.

No Brasil ainda não há um consenso de como se deve realizar o estudo da dosagem. A inexistência desse consenso baseado numa norma brasileira, sobre procedimentos e parâmetros

da dosagem, levou muitos pesquisadores a propor diversos métodos de dosagem do concreto. Os principais métodos utilizados são:

- a) Método de dosagem IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), desenvolvido por Ary Frederico Torres (1927), Simão Prizskulnik (1977) e Carlos Tango (1986);
- b) Método de INT (Instituto Nacional de Tecnologia) no Rio de Janeiro, criado por Fernando Luiz Lobo Carneiro (1937);
- c) Método de ITERS (Instituto Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul), desenvolvido por Eládio Petrucci (1985);
- d) Método da ABCP, desenvolvido por Ary Torres e Carlos Rosman (1956), que é uma adaptação do método americano do ACI.

Além dos métodos acima citados, outros métodos de dosagem são utilizados no Brasil, são eles: Vallete (1949), De Larrard (1990), Bernardo F. Tutikian e Paulo Helene & Terzian (1992), Alaejos y Cánovas (1994), Isaia (1995), Carbonari (1996), Vitervo O'Reilly (1998), Aitcin (1998) e Tutikian (2007).

Apesar das diferenças nos métodos de dosagem, alguns parâmetros são comuns como, por exemplo, a correlação da resistência média de dosagem sempre levando em consideração a economia de materiais e a sustentabilidade.

Para o presente estudo, os traços foram definidos pela usina concreteira de maneira a atender as solicitações dos clientes. Um levantamento realizado através de uma empresa fornecedora de aditivos e da própria concreteira indicou alguns traços mais usuais para o cimento utilizado nas três obras em estudo, o CP II F-40 (traço sugerido conforme Tabela 2). Segundo uma fornecedora de aditivos, para obras estruturais com este tipo de cimento, o traço usual é o 1: 3,2: 0,65: 3,00: 1,2 (Cimento: Areia Natural: Areia Artificial (ex: pó de pedra): Brita 1: Brita 0), conforme Tabela 2, exclui-se deste traço, aditivos e variabilidades particulares de cada usina concreteira. O traço abaixo é de fator a/c de 0,72 e proporciona um volume aproximado de 1m<sup>3</sup>.

**Tabela 2:** Traço usual para o cimento CP II F-40

| <b>Matéria-prima</b>  | <b>Unidade</b> | <b>Dosagem</b> |
|-----------------------|----------------|----------------|
| Água                  | L              | 180,0          |
| Aditivo Plastificante | Kg             | 2,0            |
| Brita 01              | Kg             | 755            |
| Brita 00              | Kg             | 300            |

|                                |    |     |
|--------------------------------|----|-----|
| Cimento CP II F-32             | Kg | 250 |
| Areia Industrial (pó de pedra) | Kg | 165 |
| Areia Natural                  | Kg | 800 |

Fonte: Autor, 2017

Para a usina concreteira, o traço é variável conforme a solicitação do cliente e necessidade de aplicação e transporte, parte destas variações é propositalmente definida pelo responsável técnico da usina se adequando ao que foi solicitado pelo cliente e levando em conta fatores de interferência, e outra ocorrida por parte da máquina dosadora que contém uma pequena margem de erro, para mais ou para menos.

#### 2.4.6. Fator água/cimento (A/C)

Segundo NEVILLE (1982), a resistência é considerada a propriedade mais importante do concreto. Ela é influenciada por diversos fatores, dentre os quais se podem destacar: a relação água/cimento da mistura, o índice de vazios devido à incorporação de ar e/ou mal adensamento, tipo de cimento e as condições de cura. Sabe-se que a relação água/cimento é um dos principais responsáveis pela porosidade da pasta de cimento e, portanto, sabe-se que ela é inversamente proporcional à resistência e diretamente proporcional à trabalhabilidade do material. Tal relação é encontrada pela Equação 1.

$$a/c = \frac{ca}{cc} \quad (1)$$

Onde:

a/c: fator água/cimento;

ca: consumo de água;

cc: consumo de cimento;

A quantidade de água/cimento é a razão entre as duas substâncias. No geral, a relação de a/c gira em torno de 0.4 – 0.7. Quanto maior o fator a/c menor a resistência do concreto. Entretanto, da mesma maneira que excesso de água torna-se prejudicial, é a água que faz o concreto ficar trabalhável, um concreto de a/c 0,3 é muito rígido e caso não seja usado algum aditivo plastificante torna-se muito complicado trabalhar com ele. Já um concreto com a/c 0,8 é muito úmido e fraco, além de ter uma maior retração e conseqüentemente, mais fissuras.

## 2.5. ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

O ensaio de resistência à compressão axial tem por finalidade verificar a resistência característica ( $F_{ck}$ ) do concreto utilizado, promovendo o controle tecnológico do material. Para a realização do ensaio é necessário seguir os padrões determinados pela NBR 5739 (2007) e descritos nos itens subsequentes.

### 2.5.1. Dimensões básicas e características básicas dos moldes cilíndricos

Os corpos de prova cilíndricos devem ter altura igual ao dobro do diâmetro, que deve ser de 10, 15, 20, 25,30 ou 45 centímetros. Lembrando que o diâmetro do corpo de prova deve ser no mínimo três vezes maior que a dimensão nominal máxima do agregado graúdo do concreto, que corresponde à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária na qual o agregado tem uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.

Os moldes devem ser estanques e constituídos de aço ou outro material que não seja absorvente, que não reaja com cimento Portland e que tenha resistência suficiente para manter sua forma durante o processo de moldagem, conforme moldes da Figura 4.

**Figura 4:** Moldes plásticos para corpo de prova



Fonte: Autor, 2017

### 2.5.2. Adensamento e moldagem dos corpos de prova

Para o adensamento – processo que tem por finalidade eliminar o ar e os vazios do concreto – é utilizada uma haste de aço, em formato cilíndrico, com superfície lisa, de diâmetro de 16 mm  $\pm$  0,2 mm e comprimento de 600 mm a 800 mm, com um ou os dois extremos em forma semiesférica e diâmetro igual ao da haste, conforme Figura 5.

**Figura 5:** Haste metálica

Fonte: Autor, 2017

As amostras devem ser coletadas aleatoriamente, porém, evitando os 15% iniciais e finais, pois durante o transporte do concreto pelo caminhão betoneira, ocorre a segregação do material – devido ao peso da brita ser maior e consequentemente se alojar no “fundo” – portanto, desconsiderando as parcelas iniciais e finais, ocorre uma coleta de material mais homogêneo. O número de amostras a serem coletadas e a frequência da coleta dependem dos ensaios que serão realizados.

Transportar as amostras coletadas até o local onde serão moldados os corpos de prova e proceder com uma prévia remistura da amostra para garantir a uniformidade e para colocar o concreto dentro dos moldes em número de camadas e golpes que corresponda ao que determina a Tabela 3, com auxílio de uma concha em seção U. Para concreto autoadensável, esta etapa deve ser dispensada.

**Tabela 3:** Número de camadas para moldagem dos corpos de prova

| Tipo de corpo de prova | Dimensão básica (d) (mm) | Número de camadas em função do tipo de adensamento |        | Número de golpes para adensamento manual |
|------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------|--------|------------------------------------------|
|                        |                          | Mecânico                                           | Manual |                                          |
| Cilíndrico             | 100                      | 1                                                  | 2      | 12                                       |
|                        | 150                      | 2                                                  | 3      | 25                                       |
|                        | 200                      | 2                                                  | 4      | 50                                       |
|                        | 250                      | 3                                                  | 5      | 75                                       |
|                        | 300                      | 3                                                  | 6      | 100                                      |
|                        | 450                      | 5                                                  | -      | -                                        |
| Prismático             | 100                      | 1                                                  | 1      | 75                                       |
|                        | 150                      | 1                                                  | 2      | 75                                       |
|                        | 250                      | 2                                                  | 3      | 200                                      |
|                        | 450 <sup>1</sup>         | 3                                                  | -      | -                                        |

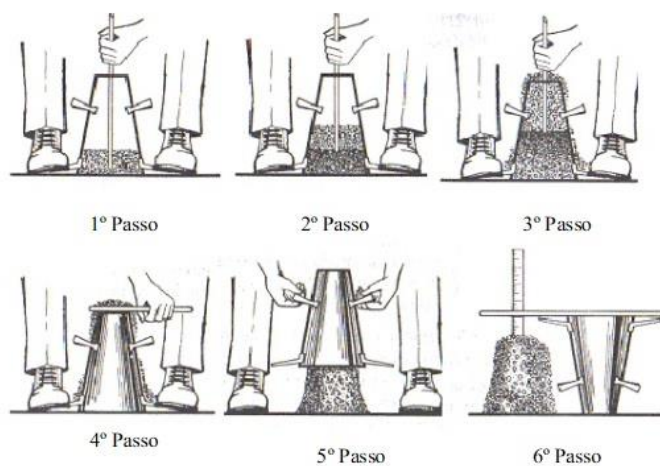
<sup>1</sup> Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida à metade da estabelecida nesta Tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.

<sup>2</sup> No caso de dimensão básica de 450 mm, somente é permitido adensamento mecânico.

Fonte: ABNT NBR 5738, 2015

O método de adensamento deve ser escolhido em função do resultado do teste de abatimento do tronco de cone, que verifica a consistência do concreto através do seu abatimento, medido conforme Figura 6.

**Figura 6:** Ensaio de abatimento do concreto



Fonte: www.ebah.com.br, 2017

O ensaio deve ser executado obedecendo a NBR NM 67 (1998), com número de golpes e camadas pré-determinados. Após determinação do abatimento, verificar o método a ser usado conforme classificação da Tabela 4, podendo ser manual ou mecânico.

**Tabela 4:** Classe de consistência

| Classe | Abatimento         | Método de Adensamento |
|--------|--------------------|-----------------------|
| S10    | $10 \leq A < 50$   | Mecânico              |
| S50    | $50 \leq A < 100$  | Mecânico ou manual    |
| S100   | $100 \leq A < 160$ |                       |
| S160   | $160 \leq A < 220$ | Manual                |
| S220   | $A \geq 220$       |                       |

Fonte: NBR 5738, 2015

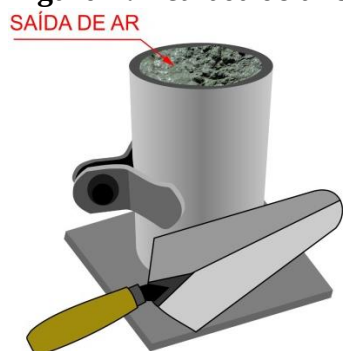
#### 2.5.2.1. Adensamento Manual

Deve-se introduzir o concreto no molde em camadas de volumes proporcionais e adensar a camada com auxílio da haste, utilizando a extremidade com a ponta semiesférica, que

deve respeitar o número de golpes definidos pela Tabela 4. A primeira camada deve ser atravessada em toda sua espessura, evitando atingir a base do molde ao golpear a camada. Os golpes devem ser distribuídos em toda a seção do molde. Cada camada deve ser adensada em toda sua espessura, fazendo com que a haste penetre em torno de 20 mm na camada inferior. Depois de preenchido o molde, e já adensado, deve-se bater com a haste na face externa do mesmo, a fim de fechar eventuais vazios.

A última camada deve ser moldada com excesso de concreto, de forma que, ao adensar, todo o vazio do molde seja preenchido. Sendo, em nenhum caso, aceito o preenchimento de concreto após o adensamento da última camada. E assim que adensado e moldado, é recomendado bater levemente na face externa do molde com auxílio da haste metálica ou da colher de pedreiro, a fim de fechar possíveis vazios, conforme Figura 7.

**Figura 7:** Retirada do ar com auxílio da colher de pedreiro



Fonte: Autor, 2017

#### 2.5.2.2. Adensamento Mecânico

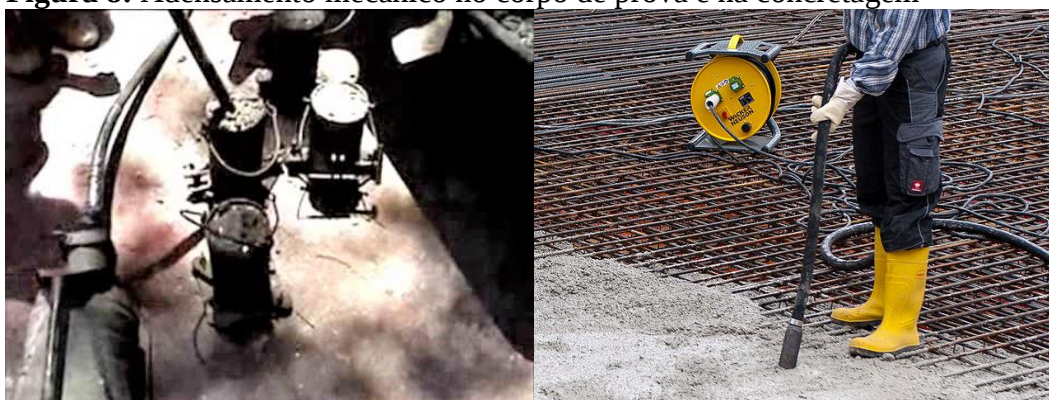
O tempo de vibração é particular e definido para cada classe de concreto, tipo de molde e de vibrador. A vibração deve ser encerrada quando a superfície do concreto estiver com aspecto relativamente liso e não houver aparecimento de bolhas de ar na superfície. O concreto vibrado demasiadamente pode produzir segregação, alguns autores recomendam um intervalo de duração para a penetração da agulha de vibração no concreto e orientam para encerrá-la somente quando a superfície se tornar lisa e brilhante e quando não aparecer mais bolhas de ar na superfície. SILVA (1995) sugere de 11 a 30 segundos e MATTOS (1997) recomenda de 5 a 15 segundos.

O preenchimento do molde deve ocorrer em camadas de volumes aproximados, conforme Tabela 2. A vibração de cada camada só deve iniciar quando a mesma estiver com

seu volume correspondente total. Somente em caso de adensamento por vibração interna, o concreto da última camada deve ser colocado de modo que a superfície fique até 5 mm da altura do molde, preenchendo o restante com concreto ao vibrar.

Para o adensamento com vibrador de imersão (Figura 8), o diâmetro do corpo de prova e o diâmetro do elemento vibrante, não devem ter razão inferior a três. O elemento vibrante deve ser inserido uma só vez por camada. Deve-se evitar tocar nas laterais do molde ao vibrar a primeira camada. Da segunda camada em diante, o vibrador pode penetrar em torno de 20 mm na camada inferior. Ao retirar o vibrador deve-se tomar todo o cuidado possível, o mesmo deve estar ainda em funcionamento.

**Figura 8:** Adensamento mecânico no corpo de prova e na concretagem



Fonte: [www.youtube.com/watch?v=drLjw5drcsQ](https://www.youtube.com/watch?v=drLjw5drcsQ), 2017

### 2.5.3. Rasamento

Independentemente do método utilizado para adensamento do corpo de prova, após finalização da última camada deve ser feito o rasamento da superfície do concreto com a borda superior do molde, utilizando uma régua metálica ou colher de pedreiro, a fim de deixá-lo o mais nivelado e reto possível.

### 2.5.4. Condições de cura dos corpos de prova

#### 2.5.4.1. Cura Inicial

É recomendado que os corpos de prova sejam moldados no local onde devem ser armazenados, evitando manuseá-los e transportá-los quando recém-moldados. Caso não seja possível, eles devem ser transportados imediatamente após o rasamento até onde permanecerão

durante a cura inicial. Evitar sempre trepidações, vibrações, golpes e inclinações que possam perturbá-los.

Depois de adensados, os moldes devem ser colocados sobre uma superfície horizontal, livre de vibrações e perturbações. Durante pelo menos 24 horas para corpos cilíndricos, e 48 horas para corpos prismáticos. Os corpos devem ser armazenados em locais protegidos de intempéries e cobertos com materiais que evitem a perda de água. Em casos específicos, os corpos podem ser desmoldados em idades mais recentes, para possíveis testes.

#### 2.5.4.2. Corpos de prova moldados para comprovar a qualidade e a uniformidade do concreto durante a construção

Os corpos de prova a serem utilizados em ensaios para verificar a qualidade e a uniformidade do concreto usado em obra ou para verificar sua conformidade, de acordo com as recomendações da NBR 12655 (2015), devem ser desmoldados após o processo de cura inicial. Antes de armazenados, os corpos de prova devem ser identificados. Devidamente identificados, devem ser armazenados em solução saturada de hidróxido de cálcio a  $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  ou em câmara úmida a uma temperatura de  $(21 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ,  $(25 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  ou  $(27 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar de no mínimo 95%. Em nenhum caso os corpos de prova devem ficar expostos à ação de água em movimento ou serem empilhados.

O uso de água saturada de cal hidratada serve como um meio de evitar o processo de lixiviação (processo no qual ocorre a dissolução dos cristais recém-formados na hidratação, os transportando para fora do concreto, aumentando os vazios e consequentemente sua porosidade), pois com a utilização de água já saturada de cal, os cristais mesmo que solúveis, acabam não sendo diluídos e portanto, permanecem no concreto, evitando um aumento da porosidade e consequentemente, diminuição da resistência.

Os corpos de prova de concreto devem ser retirados do local de cura com idade de 7 dias e conservados ao ar a  $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar de  $(50 \pm 15) \%$  até o momento do ensaio.

#### 2.5.4.3. Corpos de prova moldados para verificar as condições de proteção e cura do concreto

Os corpos de prova devem ser desmoldados e identificados como descrito anteriormente, sendo armazenados no local mais próximo possível de onde foi extraída a

amostra de concreto. Esses corpos devem ser submetidos às mesmas condições climáticas e de cura que a estrutura a que representam está submetida.

Se os corpos forem para ensaio com idade de 28 dias, devem permanecer na obra, nas mesmas condições supracitadas, pelo menos 21 dias. No caso de outras idades, devem permanecer nessas condições por pelo menos três quartos da idade de ensaio.

Ao chegar ao laboratório, os corpos de prova devem ser armazenados em câmara úmida até o momento do ensaio.

#### 2.5.5. Tipo de ruptura dos corpos de prova

Antes de submeter os corpos de prova aos ensaios, é necessário preparar suas bases, de modo a tornar suas superfícies planas e perpendiculares à altura do corpo de prova. Esta preparação pode ser feita por retificação ou capeamento.

A retificação consiste na remoção, por meios mecânicos, de uma camada fina de material da base do corpo de prova. A retificação deve ser feita de modo a garantir a integridade estrutural das camadas adjacentes à camada removida e proporcionar uma superfície lisa e livre de ondulações. A Figura 9 apresenta o aparelho retificador de corpo de prova com disco diamantado, e é possível visualizar o corpo de prova já retificado com suas superfícies planas.

**Figura 9:** Retificadora de corpo de prova com disco diamantado e corpo de prova retificado



Fonte: Autor, 2017

Já o capeamento consiste no revestimento dos topos dos corpos de prova com uma camada fina de material apropriado, que consiga proporcionar, aderência ao corpo de prova, compatibilidade química com o concreto, fluidez na aplicação, acabamento liso e plano após o enrijecimento, e resistência à compressão compatível com os valores que normalmente são obtidos no concreto. A espessura da camada não pode ser superior a 3 mm em cada base. Deve

ser utilizado um dispositivo auxiliar, denominado capeador, que garanta a perpendicularidade da superfície do corpo de prova.

O capeamento usualmente é feito com argamassa de enxofre ou com elastomérico confinado. Ambos os métodos atendem a NBR NM 77 (1996), que recomenda que a resistência à compressão do material utilizado e seu módulo de elasticidade sejam superiores ao do concreto, não fluindo e fraturando durante o ensaio. O que difere os métodos é a fixação, enquanto a argamassa de enxofre é “colada” ao corpo de prova (Figuras 10 e 11), o elastomérico é uma superfície regularizadora não colada.

**Figura 10:** Processo de colagem da argamassa de enxofre



Fonte: Scielo - The Scientific Electronic Library Online, 2017

**Figura 11:** Base do corpo de prova regularizada após o capeamento



Fonte: Scielo - The Scientific Electronic Library Online, 2017

#### 2.5.6. Execução do ensaio

Deve-se determinar o diâmetro do corpo de prova, para cálculo de área de seção transversal com exatidão de  $\pm 0,1$  mm, pela média dos dois diâmetros. Determinar a altura do corpo de prova, com precisão de  $\pm 0,1$  mm, incluindo o capeamento.

Os corpos de prova devem ser rompidos à compressão em uma idade especificada, com tolerâncias de tempo descritas conforme Tabela 5. Se tratando de corpos de prova moldados conforme NBR 5738 (2015), a idade do corpo de prova deve ser contada a partir da hora da moldagem.

**Tabela 5:** Tolerância para idade de ensaio

| <b>Idade de Ensaio</b> | <b>Tolerância permitida (horas)</b> |
|------------------------|-------------------------------------|
| 24 horas               | 0,5                                 |
| 3 dias                 | 2                                   |
| 7 dias                 | 6                                   |
| 28 dias                | 24                                  |
| 63 dias                | 36                                  |
| 91 dias                | 48                                  |

NOTA Para outras idades de ensaio, a tolerância deve ser obtida por interpolação.  
 Fonte: ABNT NBR 5739, 2007

Para início do ensaio, as faces dos pratos e do corpo de prova devem estar limpas e secas. O corpo de prova deve ser colocado centralizado no prato inferior, com auxílio dos círculos concêntricos de referência, conforme Figura 12.

**Figura 12:** Corpo de prova centralizado na prensa



Fonte: Autor, 2017

A escala de força determinada para ensaio deve ser tal que a força de ruptura do corpo de prova ocorra no intervalo em que a máquina foi calibrada. O carregamento de ensaio deve ser aplicado sem choques e de maneira contínua, com velocidade de carregamento de  $(0,45 \pm 0,15)$  MPa/s, sendo mantida a velocidade durante todo o carregamento.

O carregamento só deve ser cessado quando a ruptura do corpo de prova for indicada por uma queda de força.

## 2.6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS

Conforme a NBR 5739 (2007), devem conter no relatório do ensaio de corpo de prova moldado no mínimo as seguintes informações:

- a) Número de identificação do corpo de prova;
- b) Data da moldagem;
- c) Idade do corpo de prova;
- d) Data do ensaio;
- e) Dimensões do corpo de prova;
- f) Tipo de capeamento empregado;
- g) Classe da máquina de ensaio;
- h) Resultado de resistência à compressão individual dos corpos de prova e do exemplar
- i) Tipo de ruptura do corpo de prova

A norma sugere que quando a diferença entre os resultados de um mesmo exemplar for expressiva, deve-se averiguar o tipo de ruptura, assim defeitos na moldagem e/ou acabamento dos topos e bases dos corpos de prova podem ser identificados e corrigidos.

### 2.6.1. Avaliação estatística de desempenho do ensaio

A ABNT NBR 5739 (2007) indica o procedimento para a avaliação estatística dos resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão em relação à dispersão dos resultados devido à execução do ensaio.

Para realizar esta análise, a norma recomenda é que a amostra tenha dez ou mais exemplares e estes tenham dois ou mais corpos de prova. A diferença entre o maior e o menor resultado dos corpos de prova que representam esse exemplar é a amplitude de valores de resistência.

A média das amplitudes dos valores de resistência de todos os exemplares da amostra resulta na estimativa do desvio padrão. A amplitude de cada exemplar deve ser dividida pelo

coeficiente  $d_2$ , relacionado na Tabela 7, correspondente ao número de corpos de prova que o compõe, conforme a Equação 2.

$$s_e = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{d_2 \cdot n} \quad (2)$$

Onde:

$A_i$ : Amplitude de valores de resistência em megapascals;

$n$ : Número de exemplares da amostra.

O valor de  $d_2$  é determinado pela quantidade de corpos de prova em análise, conforme Tabela 6.

**Tabela 6:** Coeficiente  $d_2$

| Quantidade de corpos de prova | Coeficiente $d_2$ |
|-------------------------------|-------------------|
| 2                             | 1,128             |
| 3                             | 1,693             |
| 4                             | 2,059             |
| 5                             | 2,326             |
| 6                             | 2,534             |

Fonte: ABNT NBR 5739, 2007

O coeficiente de variação dentro do ensaio ( $cv_e$ ) é calculado dividindo-se o desvio padrão pela resistência média ( $f_{cm}$ ) dos exemplares da amostra, que pode ser observado na Equação 3.

$$cv_e = \frac{s_e}{f_{cm}} \quad (3)$$

Onde:

$f_{cm}$ : Resistência média dos exemplares da amostra;

$cv_e$ : Coeficiente de variação dentro do ensaio.

A avaliação da eficiência da execução do ensaio é feita pela classificação do coeficiente de variação ( $cv_e$ ), conforme níveis determinados na Tabela 7.

**Tabela 7:** Avaliação através do coeficiente de variação dentro do ensaio

| <b>Coeficiente de Variação (<math>cv_e</math>)</b> |                       |                       |                       |              |
|----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| Nível 1                                            | Nível 2               | Nível 3               | Nível 4               | Nível 5      |
| Excelente                                          | Muito Bom             | Bom                   | Razoável              | Deficiente   |
| $cv_e \leq 3,0$                                    | $3,0 < cv_e \leq 4,0$ | $4,0 < cv_e \leq 5,0$ | $5,0 < cv_e \leq 6,0$ | $cv_e > 6,0$ |

Fonte: ABNT NBR 5739, 2007

## CAPÍTULO 3

### 3.1 METODOLOGIA

#### 3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Trata-se de um estudo realizado em corpos de prova de concreto usinado retirados de três obras, dosado em uma central concreteira na cidade de Medianeira - PR. Os corpos de prova foram moldados pelos autores na central concreteira e também nas obras onde o concreto foi utilizado. Tanto o processo de moldagem quanto a cura dos corpos de prova foram realizados de maneira a seguir o recomendado pela NBR 5738 (2015).

Com esta pesquisa buscou-se identificar se há incorporação de ar, principalmente devido ao transporte do concreto e analisar a influência exercida na resistência à compressão do concreto.

#### 3.1.2 Instrumentos

A moldagem aconteceu entre os meses de julho e agosto de 2017, conforme disponibilidade da usina concreteira e cronograma de concretagem da obra. O processo de cura dos corpos de prova e os testes de resistência à compressão foram executados no laboratório do Centro Universitário Assis Gurgacz. A resistência à compressão axial e a densidade foram analisadas nas idades de 7, 21 e 28 dias. A moldagem e cura foram registradas por meio de fotos e vídeos.

Coletaram-se as amostras com carrinho de mão, e com a ajuda de uma concha em forma de U e uma colher de pedreiro realizou-se o teste de consistência (abatimento ou *Slump Test*) e a moldagem. Os instrumentos utilizados estão listados abaixo e mostrados nas Figuras 13 e 14:

- a) Carrinho de mão;
- b) Concha em forma de U;
- c) Colher de pedreiro;
- d) Trena;
- e) Molde metálico tronco-cônico;
- f) Complemento tronco-cônico de enchimento;

- g) Placa metálica;
- h) Haste metálica de socamento;
- i) Molde cilíndrico para corpo de prova.

**Figura 13:** Instrumentos de teste e coleta do concreto



Fonte: Autor, 2017

### 3.1.3 Coleta das amostras

Coletou-se dos caminhões betoneira conforme descrito na NBR 12655 (2015), desprezando-se os 15% iniciais de concreto de cada caminhão. Após a coleta realizou-se o teste de consistência do concreto (Slump Test) conforme ilustrado na Figura 14 para verificar se a consistência da usina concreteira e da obra estão em conformidade com o que foi planejado.

**Figura 14:** Teste de consistência do concreto



Fonte: Autor, 2017

As obras escolhidas possuíam distâncias e tempo de transporte muito distintos, a fim de obterem-se melhores parâmetros para a análise. A temperatura e umidade nos dias de moldagem foram coletadas através do Sistema de Meteorologia do Paraná (SIMEPAR).

O concreto estudado em todos os lotes tem aditivo plastificante, que segundo seu fabricante tem como principais funções a redução da água de amassamento e aumento da resistência mecânica final. O cimento utilizado pela central concreteira foi o CP II-F-40.

Para as obras, o traço base foi o 1:3,13:1,04:3,39:1,46 (Cimento: Areia Natural: Pó de pedra: Brita 1: Brita 0), conforme Tabela 8, contendo pequenas variações de uma obra para outra. A dosagem representada abaixo totaliza um volume de 7m<sup>3</sup>, ou seja, um caminhão betoneira padrão de porte médio. O traço representa o que foi utilizado na Obra 2, cujo fator água/cimento foi de aproximadamente 0,67, entretanto, para as Obras 1 e 2, este indicador (a/c) foi alterado devido à necessidade de transporte do concreto para uma longa distância ou de bombeá-lo para um pavimento superior da obra. A alteração do fator água/cimento e a manutenção do traço padrão para as obras servem como base para verificação da influência do volume de água na incorporação de água, tanto inicialmente, quanto no destino final.

**Tabela 8:** Traço base utilizado para dosagem com CP II F-40

| <b>Matéria-Prima</b>           | <b>Unidade</b> | <b>Dosagem</b> |
|--------------------------------|----------------|----------------|
| Brita 01                       | Kg             | 5.360,0        |
| Brita 00 (pedrisco)            | Kg             | 2.300,0        |
| Pó de pedra                    | Kg             | 1.650,0        |
| Areia Natural (grossa e média) | Kg             | 4.950,0        |
| Água                           | L              | 1.060,0        |
| Cimento CP II F-40             | Kg             | 1.580,0        |
| Aditivo Plastificante PN 786   | Kg             | 8,3            |

Fonte: Concreteira, 2017

Foram moldados 18 corpos de prova por dia em um total de três dias, sendo nove moldados na central concreteira e nove na obra em cada dia, assim obtiveram-se 54 amostras. Realizou-se a moldagem em corpos de prova cilíndricos de dimensões de 10 centímetros de diâmetro e 20 centímetros de altura, devidamente limpos e lubrificados com óleo mineral. Na Figura 15 é possível observar alguns dos corpos de prova moldados. As etiquetas de identificação não estão visíveis, pois foram posicionadas no fundo dos moldes pelo lado de dentro antes da adição de concreto.

**Figura 15:** Corpos de prova moldados



Fonte: Autor, 2017

Os corpos de prova foram desmoldados 24 horas após a moldagem e submetidos ao processo de cura em câmara úmida no laboratório do Centro Universitário Assis Gurgacz conforme observado na Figura 16.

**Figura 16:** Processo de cura dos corpos de prova na câmara úmida



Fonte: Autor, 2017

#### 3.1.4 Determinação da densidade do concreto

Antes do início dos ensaios realizou-se a retificação, ou seja, o capeamento dos corpos de prova, esse processo tem como objetivo desbastar as faces da parte inferior e superior deixando-os retilíneos. A execução da retificação pode ser observada na Figura 17.

**Figura 17:** Retificação dos corpos de prova e coleta de medidas através do paquímetro



Fonte: Autor, 2017

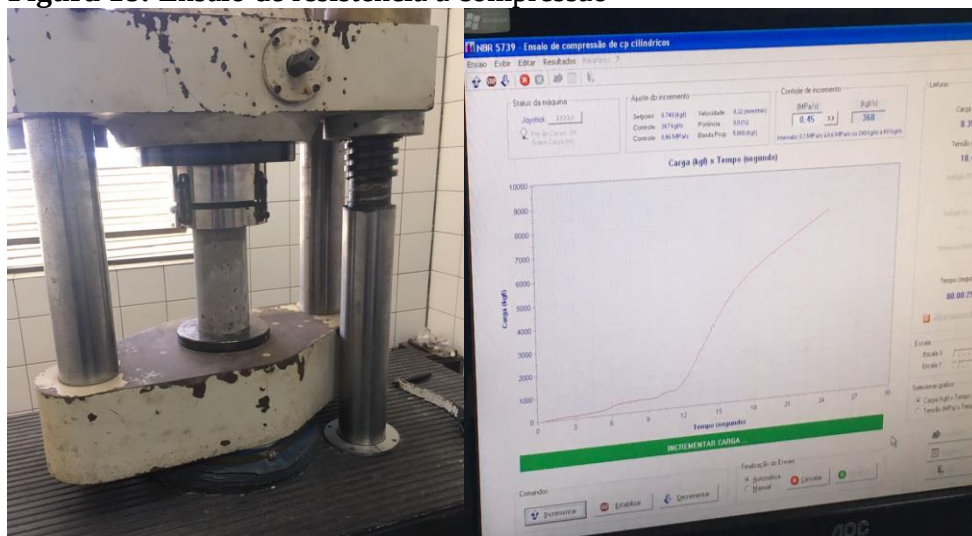
Como todos os corpos de prova necessitaram de retificação, a altura de cada amostra foi alterada, então foi necessário medir novamente a altura de cada exemplar com auxílio do paquímetro, conforme Figura 17. Com a nova altura medida e o diâmetro já conhecido de 10 cm, foi possível determinar o volume de cada amostra. Posteriormente, cada corpo de prova foi pesado, a fim de conhecer sua massa e juntamente com o volume, determinar a densidade do concreto.

### 3.1.5 Determinação da resistência do concreto aos 7, 21 e 28 dias

Adotou-se a amostragem total (100%) conforme a NBR 12655 (2015), que se aplica a casos especiais. A amostragem total consiste no ensaio de exemplares de cada corpo de prova de concreto, não há limitação para o número de exemplares de cada lote, ficando a critério do responsável técnico pela obra.

O ensaio de resistência à compressão foi realizado conforme a NBR 5739 (2007), os corpos de prova foram posicionados no eixo central da máquina tomando-se sempre o cuidado de limpar as bases. Os resultados dos ensaios foram registrados por um software instalado ao equipamento, o qual gerou os relatórios e gráficos da resistência medida. O rompimento pode ser observado na Figura 18.

**Figura 18:** Ensaio de resistência à compressão



Fonte: Autor, 2017

### 3.1.6 Densidade e resistência média

Após a realização dos ensaios de densidade e resistência de cada lote, com o intuito de comparar as resistências e verificar as densidades em relação à incorporação de ar, todos dados foram tabulados em uma planilha do Excel. Calculou-se a média aritmética simples (do fck e da densidade) que é uma medida de tendência central e é obtida através da divisão do somatório dos resultados dos ensaios pela quantidade de amostras, o cálculo foi realizado de acordo com a Equação 4, que é realizada uma vez para cálculo da média do fck e outra para cálculo da média da densidade.

$$x = \frac{\sum x}{n} \quad (4)$$

Onde:

$x$ : Média Aritmética (fck ou densidade);

$\sum x$ : Somatório dos resultados (fck ou densidade);

$n$ : Quantidade de amostras.

Para avaliar a variação dos resultados estimou-se o desvio padrão, que indica uma medida de dispersão dos dados, baseado na média aritmética. Um desvio padrão baixo, indica

que os dados tendem a estar próximos da média ou do valor desejado. Para tal utilizou-se a Equação 5.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{(n - 1)}} \quad (5)$$

Onde:

$S$ : Desvio Padrão;

$x_i$ : Elementos da amostra;

$x$ : Média Aritmética;

$n$ : Número de elementos da amostra.

### 3.1.7 Resistência característica

Outra propriedade do concreto observada foi a resistência característica da amostragem ( $fck_{est}$ ), que é obtida pelo maior valor entre as resistências dos exemplares de cada lote ( $f1$ ), conforme a NBR 12655 (2015). Este valor serve de parâmetro para verificar se o concreto atingiu a resistência mecânica esperada, a Equação 6 representa este cálculo.

$$\text{Se } n \leq 20, fck_{est} = f1 \quad (6)$$

Onde:

$n$ : Número de exemplares;

$fck_{est}$ : Resistência característica;

$f1$ : Maior valor de resistência à compressão dentre os lotes.

## CAPÍTULO 4

### 4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A discriminação das obras nas quais foram moldados os corpos de prova, bem como as datas das moldagens, temperatura e umidade, a distância entre a concreteira e cada obra, e o tempo de transporte do concreto estão representadas na Tabela 9.

**Tabela 9:** Informações dos dias das moldagens

|         | <b>Dia da Moldagem</b> | <b>Temperatura (°C)</b> | <b>Umidade (%)</b> | <b>Distância da Central Concreteira (Km)</b> | <b>Tempo de Transporte (minutos)</b> |
|---------|------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|
| Obra 01 | 14/08/2017             | 22,5                    | 49                 | 39,8                                         | 63                                   |
| Obra 02 | 17/08/2017             | 21,5                    | 46                 | 3,2                                          | 20                                   |
| Obra 03 | 21/08/2017             | 32                      | 37                 | 1,1                                          | 5                                    |

Fonte: Autor, 2017

Observa-se uma diferença considerável nas distâncias e nos tempos de transporte entre cada obra, isso possibilita uma análise abrangente da influência do transporte. Observa-se também que nas obras 1 e 2 as temperaturas estão mais baixas, isso aconteceu porque a moldagem foi realizada no período matutino.

#### 4.1.2. Análise da incorporação de ar

Nos Apêndice A (página 57), estão contidas as tabelas com todos os dados coletados e obtidos nos ensaios, a Tabelas 10 representa os resultados calculados da densidade média do concreto na usina concreteira e nas obras.

**Tabela 10:** Resultados do ensaio de densidade na usina concreteira e na obra 1

| <b>LOTE 1</b>      | <b>IDADE (dias)</b> | <b>DENSIDADE MÉDIA (Kg/m³)</b> | <b>LOTE 1</b>      | <b>IDADE (dias)</b> | <b>DENSIDADE MÉDIA (Kg/m³)</b> |
|--------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------------|
| OBRA 1             | 7                   | 2.467,15                       | CONCRETEIRA        | 7                   | 2.473,37                       |
|                    | 21                  | 2.495,95                       |                    | 21                  | 2.512,70                       |
|                    | 28                  | 2.467,72                       |                    | 28                  | 2.494,63                       |
| <b>MÉDIA GERAL</b> |                     | <b>2.476,94</b>                | <b>MÉDIA GERAL</b> |                     | <b>2.493,57</b>                |

Fonte: Autor, 2017

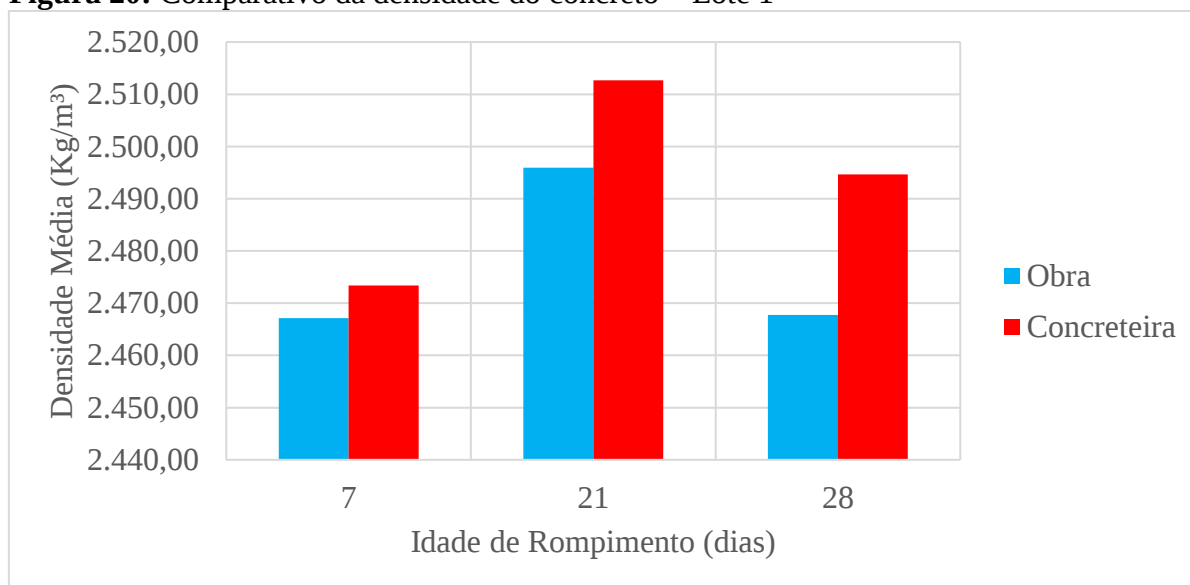
**Figura 19:** Diferença de densidade entre a obra 1 e a concreteira

DIFERENÇA NA DENSIDADE

**16,63 kg/m<sup>3</sup>**

Fonte: Autor, 2017

Analisando-se os dados obtidos na Tabela 10 é possível observar que a densidade do concreto da obra é menor em relação ao da concreteira, ou seja, houve desincorporação de ar no transporte até a obra 1, diferentemente do que era esperado, o transporte e a agitação agiram de maneira a promover a saída de ar do concreto, similar ao que ocorre no processo de adensamento. Outro fator que se pode destacar é que a diferença na densidade aumenta conforme aumenta a idade do concreto, como demonstrado na Figura 20.

**Figura 20:** Comparativo da densidade do concreto – Lote 1

Fonte: Autor, 2017

Na obra 1 o tempo e a distância de transporte são maiores em relação à obra 2, mais que o dobro dos valores, mas nota-se na Tabela 11 e na Figura 21 que a diferença na densidade entre a obra 2 e a concreteira aumenta significativamente.

**Tabela 11:** Resultados do ensaio de densidade na usina concreteira e na obra 2

| LOTE 2 | IDADE (dias) | DENSIDADE MÉDIA (Kg/m³) | LOTE 2      | IDADE (dias) | DENSIDADE MÉDIA (Kg/m³) |
|--------|--------------|-------------------------|-------------|--------------|-------------------------|
| OBRA 2 | 7            | 2.473,53                | CONCRETEIRA | 7            | 2.508,60                |
|        | 21           | 2.467,58                |             | 21           | 2.520,46                |

|                    |    |                 |                    |    |                 |
|--------------------|----|-----------------|--------------------|----|-----------------|
|                    | 28 | 2.449,29        |                    | 28 | 2.505,13        |
| <b>MÉDIA GERAL</b> |    | <b>2.463,46</b> | <b>MÉDIA GERAL</b> |    | <b>2.511,40</b> |

Fonte: Autor, 2017

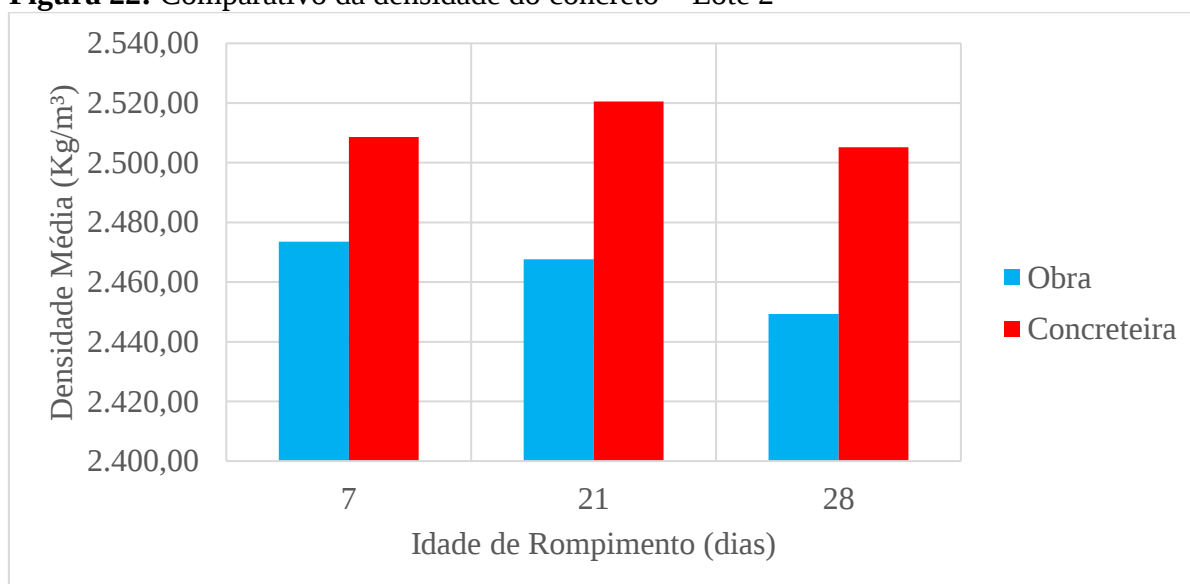
**Figura 21:** Diferença de densidade entre a obra 2 e a concreteira

**DIFERENÇA NA DENSIDADE**  
**47,94 kg/m<sup>3</sup>**

Fonte: Autor, 2017

Ao contrário da obra 1, na obra 2 conforme a idade do corpo de prova aumenta a diferença entre as densidades praticamente se estabiliza, não promovendo grandes variações. A Figura 22 apresenta o comparativo das densidades.

**Figura 22:** Comparativo da densidade do concreto – Lote 2



Fonte: Autor, 2017

A obra 3 tem a menor distância e menor tempo de transporte, entretanto a diferença da densidade é maior que na obra 1 que possui tempo de transporte 10 vezes maior, possivelmente ocasionado pela adição de água para o bombeamento do concreto. Devido a problemas técnicos na prensa hidráulica do laboratório do Centro Universitário Assis Gurgacz, não foi possível realizar o ensaio de resistência à compressão aos 28 dias do lote 3, portanto, os dados de densidade nesta idade também foram descartados. Na Tabela 12 estão representados os valores obtidos nos ensaios e na Figura 23 a diferença da densidade.

**Tabela 12:** Resultados do ensaio de densidade na usina concreteira e na obra 3

| LOTE 3      | IDADE (dias) | DENSIDADE MÉDIA (Kg/m <sup>3</sup> ) | LOTE 3      | IDADE (dias) | DENSIDADE MÉDIA (Kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|--------------|--------------------------------------|-------------|--------------|--------------------------------------|
| OBRA 3      | 7            | 2.492,30                             | CONCRETEIRA | 7            | 2.529,97                             |
|             | 21           | 2.445,81                             |             | 21           | 2.483,71                             |
|             |              |                                      |             |              |                                      |
| MÉDIA GERAL |              | 2.469,06                             | MÉDIA GERAL |              | 2.506,84                             |

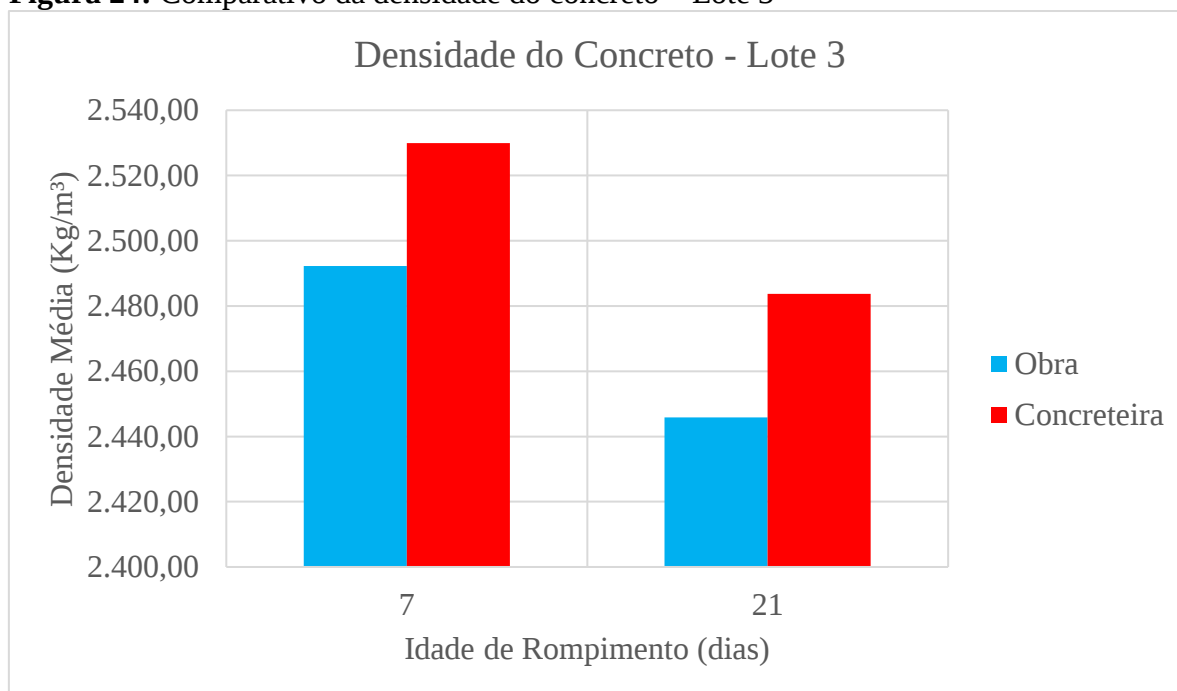
Fonte: Autor, 2017

**Figura 23:** Diferença de densidade entre a obra 3 e a concreteira

DIFERENÇA NA DENSIDADE  
**37,78 kg/m<sup>3</sup>**

Fonte: Autor, 2017

Assim como no lote 2, pode-se identificar na Figura 24 que a diferença da densidade se mantém quase que constante em todas as idades do concreto.

**Figura 24:** Comparativo da densidade do concreto – Lote 3

Fonte: Autor, 2017

Em relação aos ensaios de densidade, os valores obtidos nos três lotes têm um desvio padrão pequeno e, portanto, são muito relevantes. Fazendo o comparativo entre os lotes analisados conclui-se que a incorporação de ar não sofre influência negativa do tempo ou

distância de transporte. O fato de o caminhão sofrer mais impactos ou vibrações durante o transporte não gera mais ar incorporado no concreto, isso fica claro pela diferença de densidade no lote 3, que tem menor tempo de transporte se comparado ao lote 1 que tem maior tempo. Na Tabela 13 são mostrados os valores do desvio padrão de cada lote.

**Tabela 13:** Densidade média e desvio padrão aos 28 dias

|               |             | Densidade Média<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Desvio Padrão<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------|-------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| LOTE 1        | OBRA 1      | 2.476,94                                | 0,66                                  |
|               | CONCRETEIRA | 2.493,57                                | 0,79                                  |
| Diferença (%) |             | 0,67                                    |                                       |
| LOTE 2        | OBRA 2      | 2.463,46                                | 0,51                                  |
|               | CONCRETEIRA | 2.511,40                                | 0,32                                  |
| Diferença (%) |             | 1,908                                   |                                       |
| LOTE 3        | OBRA 3      | 2.469,06                                | 1,26                                  |
|               | CONCRETEIRA | 2.506,84                                | 0,92                                  |
| Diferença (%) |             | 1,507                                   |                                       |

Fonte: Autor, 2017

#### 4.1.3. Análise dos ensaios de ruptura

Um comparativo importante em relação à influência do fator água/cimento é o que ocorre nas obras 2 e 3. Na obra 2, o transporte ocorreu para a concretagem de radier, não havendo adição de água no concreto após a saída do caminhão da concreteira, mantendo portanto, o fator água/cimento. Ao contrário do que foi observado na obra 3, que apesar de o transporte ser ainda mais curto, houve adição de 100 litros de água em 7 m<sup>3</sup> de concreto para seu bombeamento, o que ocasiona um aumento de 6% no fator água/cimento.

Analisando os fatos citados, é possível observar que o fator a/c no caso da obra 2, onde não foi alterado, ocasionou uma maior diferença de densidade entre a usina e a obra. Entretanto, na obra 3, onde ocorreu a adição de água, a diferença de densidade entre a obra e a usina foi menor, apontando assim que o fator a/c, neste caso, não influenciou negativamente na incorporação de ar, que seria prejudicial para o concreto com importância estrutural.

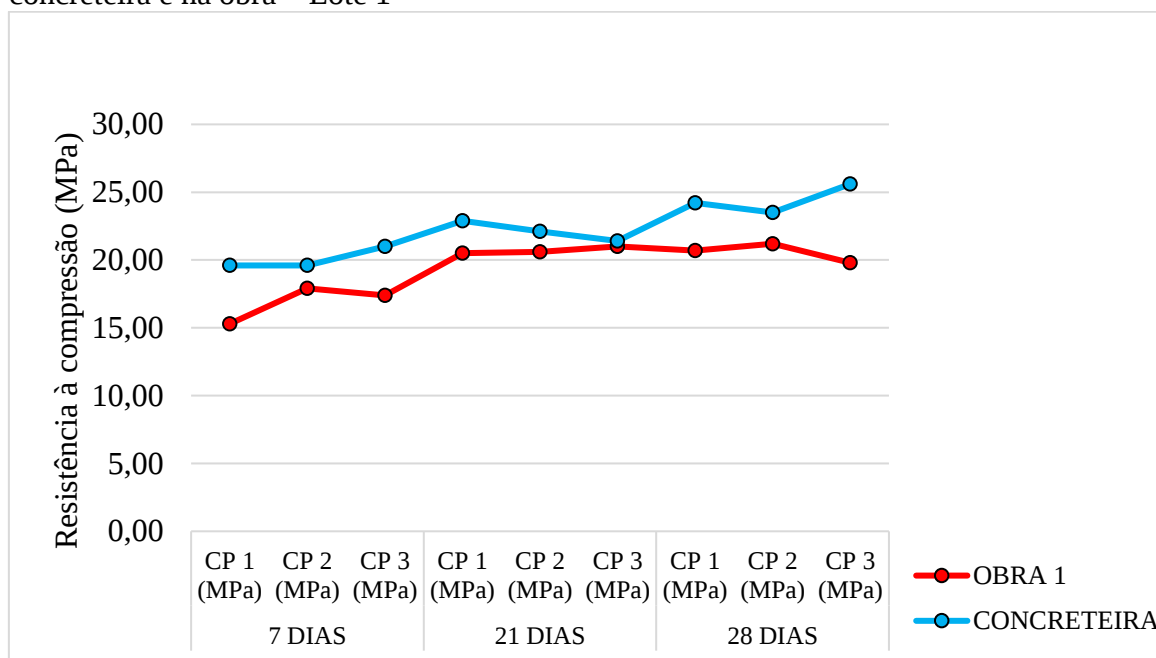
Os resultados dos ensaios de resistências à compressão aos 7, 21 e 28 dias dos corpos de prova para os lotes 1 e 2 e aos 7 e 21 dias para o lote 3 estão representados na Tabela 14.

**Tabela 14:** Resultados do ensaio de resistência à compressão

|        |             | 7 DIAS     |            |            | 21 DIAS    |            |            | 28 DIAS    |            |            | Resistência Característica (MPa) |
|--------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------------------|
|        |             | CP 1 (MPa) | CP 2 (MPa) | CP 3 (MPa) | CP 1 (MPa) | CP 2 (MPa) | CP 3 (MPa) | CP 1 (MPa) | CP 2 (MPa) | CP 3 (MPa) |                                  |
| LOTE 1 | OBRA 1      | 15,30      | 17,90      | 17,40      | 20,50      | 20,60      | 21,00      | 20,70      | 21,20      | 19,80      | 21,20                            |
|        | CONCRETEIRA | 19,60      | 19,60      | 21,00      | 22,90      | 22,10      | 21,40      | 24,20      | 23,50      | 25,60      | 25,60                            |
| LOTE 2 | OBRA 2      | 16,80      | 15,00      | 17,30      | 21,10      | 21,50      | 22,40      | 17,00      | 20,40      | 17,60      | 22,40                            |
|        | CONCRETEIRA | 21,60      | 22,40      | 21,70      | 28,60      | 27,60      | 25,70      | 25,70      | 24,40      | 25,80      | 28,60                            |
| LOTE 3 | OBRA 3      | 14,70      | 15,00      | 15,50      | 17,80      | 18,70      | 18,90      | X          | X          | X          | 18,90                            |
|        | CONCRETEIRA | 21,90      | 19,90      | 21,40      | 24,50      | 26,10      | 24,90      | X          | X          | X          | 26,10                            |

Fonte: Autor, 2017

Analisando todos os lotes constatou-se que a resistência à compressão aos 28 dias em 3 amostras dos lotes 1 e 2, não atingiram o valor esperado de 20 Mpa. Os valores de resistência à compressão na concreteira, em todos os lotes, se mantiveram maiores que na obra devido a relação água/cimento ser menor, ou seja, já é previsto que ao chegar na obra ocorre a adição de água para manutenção do Slump. No Gráfico 1 está representado o comparativo da resistência à compressão do lote 1.

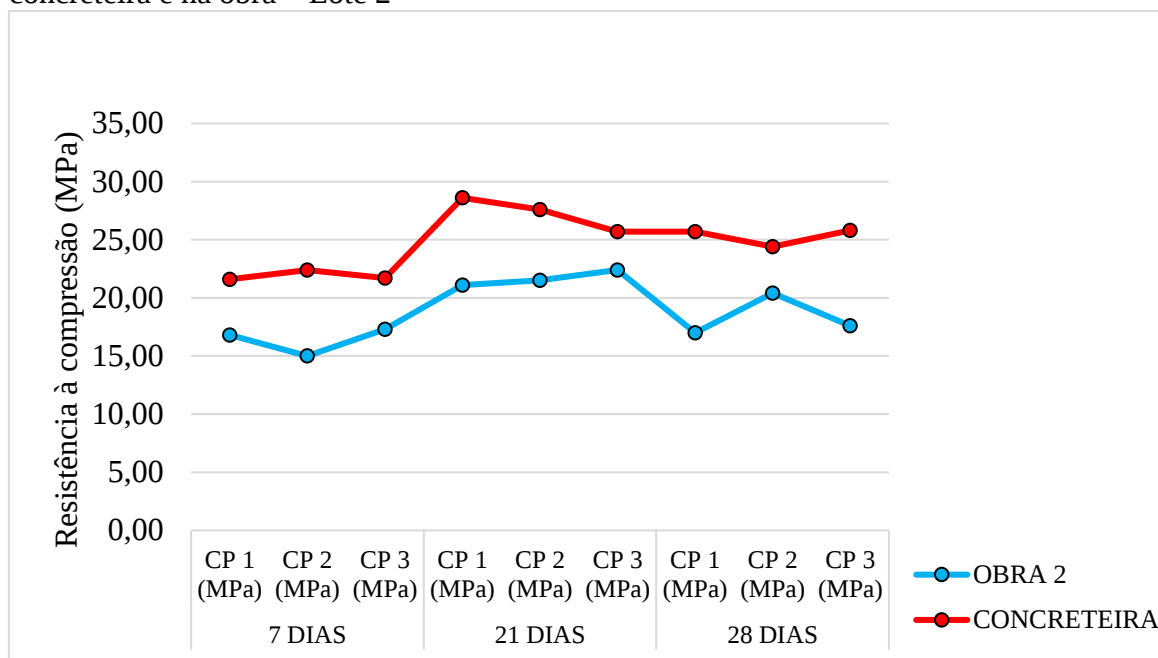
**Gráfico 1:** Comparativo da resistência à compressão dos corpos de prova moldados na usina concreteira e na obra – Lote 1

Fonte: Autor, 2017

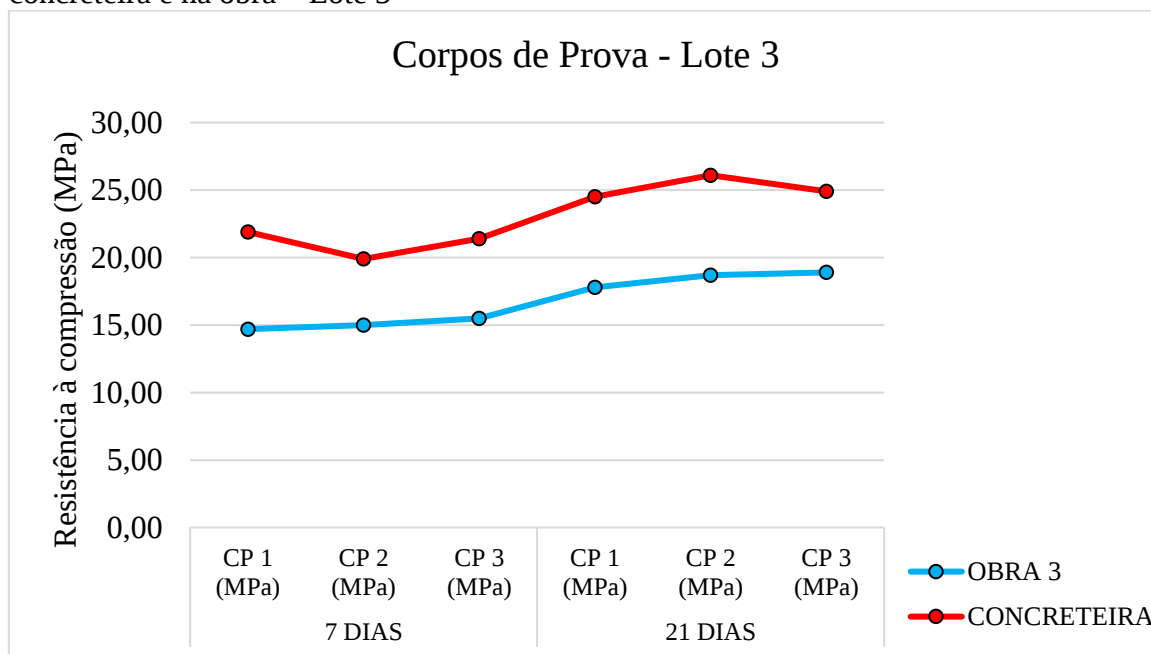
Nos lotes 1 e 2 identificou-se que houve aumento na resistência à compressão conforme aumenta-se a idade do corpo de prova, diferentemente do lote 2 onde observou-se que aos 28

dias a resistência é menor que aos 21 dias tanto na obra quanto na concreteira. Nos Gráficos 2 e 3 estão representados os valores dos ensaios de resistência à compressão do lote 2 e 3.

**Gráfico 2:** Comparativo da resistência à compressão dos corpos de prova moldados na usina concreteira e na obra – Lote 2



**Gráfico 3:** Comparativo da resistência à compressão dos corpos de prova moldados na usina concreteira e na obra – Lote 3



Um comparativo entre os rompimentos com 21 dias (conforme citado anteriormente não pôde ser considerado com 28 dias, pois a prensa do laboratório não estava em funcionamento no dia agendado para o último rompimento).

Levando em conta os rompimentos tanto da obra quanto da usina concreteira, apontou um dado interessante e satisfatório, é possível verificar que o ensaio da obra 2, onde o fator a/c da dosagem foi mais baixo e a adição de água no trajeto usina concreteira x obra foi consideravelmente menor (sendo quase nula). Os corpos de prova apresentaram maior resistência à compressão tanto no início quanto no final do trajeto, mesmo não sendo os corpos de prova mais densos e consequentemente com menos ar incorporado. Conclui-se, portanto que a interferência do fator a/c na resistência final é mais considerável que a própria diferença entre a incorporação de ar ocasionada durante o trajeto, que no presente estudo, se apontou como benéfica, pois à medida que a distância e o tempo aumentaram, a incorporação de ar foi menor.

Com base nos dados obtidos calculou-se o desvio padrão e o coeficiente de variação experimental (CVe) das amostras para identificar possíveis erros na moldagem ou nos ensaios, estes dados e as resistências à compressão média ( $f_m$ ) e característica ( $f_1$ ) são mostrados na Tabela 15.

**Tabela 15:** Resultados dos ensaios de resistência à compressão aos 28 dias.

| 28 dias   |             | $f_m$<br>(MPa) | $f_1$<br>(MPa) | Desvio<br>Padrão<br>(MPa) | Coeficiente de<br>Variação<br>Experimental<br>CVe (%) |
|-----------|-------------|----------------|----------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|
| LOTE<br>1 | OBRA 1      | 20,57          | 21,20          | 0,71                      | 3%                                                    |
|           | CONCRETEIRA | 24,43          | 25,60          | 1,07                      | 4%                                                    |
| LOTE<br>2 | OBRA 2      | 18,33          | 22,40          | 1,81                      | 10%                                                   |
|           | CONCRETEIRA | 25,30          | 28,60          | 0,78                      | 3%                                                    |
| LOTE<br>3 | OBRA 3      | X              | 18,90          | X                         | X                                                     |
|           | CONCRETEIRA | X              | 26,10          | X                         | X                                                     |

Fonte: Autor, 2017

No lote 1 os resultados são significativos, já que segundo a NBR 5739 (2007) é possível classificar a execução dos ensaios como “muito bom” pois está na faixa de 3 a 4% conforme a Tabela 8, o que tornam os valores confiáveis. A maior discrepância nos resultados foi apresentada na obra do lote 2, tais valores não são confiáveis pois tem um coeficiente de variação acima de 6% e portanto, classificado como “deficiente”. Isso nos mostra que possivelmente ocorreu algum erro na moldagem dos corpos de prova e ou nos ensaios. Já

analisando os valores obtidos no lote 2 da concreteira, os valores são confiáveis e classificados como “muito bom”.

O lote 3 não foi classificado porque não é possível determinar a média da resistência à compressão sem os dados de rompimento aos 28 dias conforme justificado anteriormente.

## CAPÍTULO 5

### 5.1 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi verificar estatisticamente a influência das condições do ambiente e principalmente do transporte na incorporação de ar do concreto, em concretos produzidos sem o uso de aditivos incorporadores de ar. Para tal verificação foram realizados ensaios de densidade e resistência à compressão axial.

Entre os fatores que influenciam no teor de ar, é possível citar a quantidade e dimensão do agregado miúdo, a quantidade de materiais finos e as condições de mistura dos materiais. Entretanto, para o presente estudo, os agregados, materiais e condições de misturas são iguais para obra e usina, excluindo-se assim estes fatores, e apontando principalmente as condições climáticas, o transporte e a adição de água como influência.

Esperava-se que o transporte, auxiliasse na incorporação de ar devido à agitação, como ocorre quando há uso de aditivos incorporadores de ar, entretanto, através da análise dos resultados foi observado que independentemente da distância da obra, em todos os casos, a densidade do concreto no local de aplicação foi maior que na usina concreteira, pois, a agitação expulsou o ar presente no material, deixando-o mais denso em média 1,35% e apontando que quando não há uso de aditivos incorporadores de ar, o transporte com agitação através do caminhão-betoneira, age como um desincorporador de ar. Contudo, deve-se levar em conta que o transporte a longas distâncias requer a adição de água para manutenção do *Slump*, aumentando assim o fator a/c e reduzindo a resistência à compressão.

Quanto à influência da adição de água no concreto após a saída da usina concreteira, na obra onde houve menor adição de água para manutenção do *Slump* durante o trajeto usina x obra, houve a maior diferença (em torno de 1,91% para a obra com menor adição de água e 1,09% para as obras com maior adição) de densidade entre o concreto que saiu da usina e o entregue em obra, diferentemente do que apontam as bibliografias que citam o fator água/cimento como um dos motivos da incorporação de ar e perda de densidade, que consequentemente somam à perda de resistência mecânica do concreto. Tal fato merece um estudo aprofundado, pois atua contra as bibliografias e devido ao pouco tempo para estudo não pôde ser diagnosticado.

Em relação à resistência à compressão, a maior resistência à compressão tanto para obra quanto para usina, ocorreram nas obras cujo fator a/c inicial (de saída da obra) e final (após

acrécimo de água) eram menores, confirmado o que era esperado e condizendo com as bibliografias na influência do fator a/c na resistência mecânica do concreto, ou seja, quanto maior o fator a/c, menor a resistência do concreto, neste caso, a obra com menor adição de água apresentou cerca de 10% a mais de resistência média que as outras obras.

Em um comparativo direto entre os ensaios realizados, levando em consideração as distâncias, diferenças de temperatura e tempo de transporte, foi possível definir que a incorporação de ar no concreto durante o transporte não apresenta demasiadas interferências na resistência final do concreto se comparado ao fator água/cimento. A influência ocasionada pela adição de água foi muito maior que a influência da densidade mais baixa, visto que através da obra onde houve a menor adição de água, a densidade não foi a maior, entretanto, apresentou a maior resistência mecânica, tanto na usina como na obra.

Baseando-se nos resultados obtidos dos ensaios e no coeficiente de variação experimental, pode-se afirmar que os procedimentos e métodos utilizados são confiáveis, exceto no lote 2, na obra, que apresentou maior discrepância nos resultados.

Salienta-se que as conclusões apresentadas se referem às condições específicas deste estudo. Portanto, não devem ser consideradas de forma absoluta, sendo necessária a realização de pesquisas complementares para confirmar sua representatividade.

## CAPÍTULO 6

### 6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para o melhor entendimento da influência do transporte no concreto dosado em central concreteira, são sugeridos os seguintes estudos:

- Em função da indisponibilidade de alguns aparelhos sugere-se utilizar um Medidor do teor de ar incorporado ao concreto fresco ao invés de analisar somente a densidade;
- Devido ao pequeno período disponível recomenda-se analisar a influência do transporte do concreto usinado com uma amostragem maior de corpos de prova, assim será possível uma análise mais abrangente;
- Comparar a incorporação de ar durante o transporte do concreto com e sem o aditivo incorporador de ar;
- Estudar a influência do fator água cimento na incorporação de ar do concreto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5732**. Cimento Portland Comum. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 5733**. Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 5735**. Cimento Portland de alto forno. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 5736**. Cimento Portland Pozolânico. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 5738**. Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739**. Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 7680-1**. Concreto — Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência à compressão axial. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 11578**. Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 12655**. Concreto – Preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NM 67**. Ensaio de abatimento do concreto. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. **NM 77**. Preparação das bases dos corpos-de-prova e testemunhos cilíndricos para ensaios de compressão. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NM 137**. Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1997.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 494-92**. Chemical Admixtures for Concrete. Sparks, 2017.

CÁNOVAS, M. F.; **Patologia e terapia do concreto armado**. Editora Pini. São Paulo, 1988.

KIHARA, Y.; CENTURIONE, S. L. **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. 1ª Edição, IBRACON, 2005.

MARTINS, V. da C.; SOUZA, G. G. de. **Influência do procedimento de adição de água na resistência à compressão do concreto dosado em central**. CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO – REIBRAC, 2004. Florianópolis – SC. São Paulo: IBRACON, 2004.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto Estrutura, Propriedades e Materiais**. 1ª Edição, Editora PINI, 1994.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e Materiais**. 1ª Edição, IBRACON, 2008.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 2ª Edição, Editora PINI, 1997.

PETRUCCI, E. G. R.; PAULON, V. A. **Concreto de Cimento Portland**. 13ª Edição, Editora GLOBO, 1993.

< [www.youtube.com/watch?v=drLjw5drCsQ](http://www.youtube.com/watch?v=drLjw5drCsQ)>. Acesso em: 14 set. 2017.

< <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABl6cAJ/relatorio-slumptest>>. Acesso em: 16 out. 2017.

## APÊNDICE A

| OBRA 1 - CÉU AZUL - CONCRETAGEM DIA 14 DE AGOSTO DE 2017 |        |                 |              |               |               |                 |                |                      |
|----------------------------------------------------------|--------|-----------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|
| LOTE 1                                                   |        | DATA DO ENSAIO  |              |               | 21/08/2017    |                 |                |                      |
| OBRA                                                     |        | IDADE<br>(dias) | FCK<br>(Mpa) | MASSA<br>(Kg) | ALTURA<br>(m) | DIAMETRO<br>(m) | VOLUME<br>(m³) | DENSIDADE<br>(Kg/m³) |
|                                                          | CP1    | 7               | 15,30        | 3,85260       | 0,2000        | 0,10            | 0,0015708      | 2.452,64             |
|                                                          | CP2    |                 | 17,90        | 3,90450       | 0,2005        | 0,10            | 0,0015747      | 2.479,48             |
|                                                          | CP3    |                 | 17,40        | 3,87880       | 0,2000        | 0,10            | 0,0015708      | 2.469,32             |
|                                                          | MÉDIAS |                 | 16,87        | 3,879         | 0,2002        |                 | 0,0015721      | 2.467,15             |

| CONCRETEIRA |        | IDADE<br>(dias) | FCK<br>(Mpa) | MASSA<br>(Kg) | ALTURA<br>(m) | DIAMETRO<br>(m) | VOLUME<br>(m³) | DENSIDADE<br>(Kg/m³) |
|-------------|--------|-----------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|
|             | CP1    | 7               | 19,60        | 3,80790       | 0,1950        | 0,10            | 0,0015315      | 2.486,34             |
|             | CP2    |                 | 19,60        | 3,87030       | 0,1990        | 0,10            | 0,0015629      | 2.476,29             |
|             | CP3    |                 | 21,00        | 3,74440       | 0,1940        | 0,10            | 0,0015237      | 2.457,48             |
|             | MÉDIAS |                 | 20,07        | 3,808         | 0,1960        |                 | 0,0015394      | 2.473,37             |

| OBRA 1 - CÉU AZUL - CONCRETAGEM DIA 14 DE AGOSTO DE 2017 |        |                 |              |               |               |                 |                |                      |
|----------------------------------------------------------|--------|-----------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|
| LOTE 2                                                   |        | DATA DO ENSAIO  |              |               | 04/09/2017    |                 |                |                      |
| OBRA                                                     |        | IDADE<br>(dias) | FCK<br>(Mpa) | MASSA<br>(Kg) | ALTURA<br>(m) | DIAMETRO<br>(m) | VOLUME<br>(m³) | DENSIDADE<br>(Kg/m³) |
|                                                          | CP1    | 21              | 20,50        | 3,8545        | 0,1960        | 0,10            | 0,0015394      | 2.503,93             |
|                                                          | CP2    |                 | 20,60        | 3,8342        | 0,1960        | 0,10            | 0,0015394      | 2.490,74             |
|                                                          | CP3    |                 | 21,00        | 3,7792        | 0,1930        | 0,10            | 0,0015158      | 2.493,17             |
|                                                          | MÉDIAS |                 | 20,70        | 3,823         | 0,1950        |                 | 0,0015315      | 2.495,95             |

| CONCRETEIRA |        | IDADE<br>(dias) | FCK<br>(Mpa) | MASSA<br>(Kg) | ALTURA<br>(m) | DIAMETRO<br>(m) | VOLUME<br>(m³) | DENSIDADE<br>(Kg/m³) |
|-------------|--------|-----------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|
|             | CP1    | 21              | 22,90        | 3,8529        | 0,1950        | 0,10            | 0,0015315      | 2.515,73             |
|             | CP2    |                 | 22,10        | 3,7549        | 0,1900        | 0,10            | 0,0014923      | 2.516,26             |
|             | CP3    |                 | 21,40        | 3,9366        | 0,2000        | 0,10            | 0,0015708      | 2.506,12             |
|             | MÉDIAS |                 | 22,13        | 3,848         | 0,1950        |                 | 0,0015315      | 2.512,70             |

| OBRA 1 - CÉU AZUL - CONCRETAGEM DIA 14 DE AGOSTO DE 2017 |        |                 |              |               |               |                 |                |                      |
|----------------------------------------------------------|--------|-----------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|
| LOTE 3                                                   |        | DATA DO ENSAIO  |              |               | 11/09/2017    |                 |                |                      |
| OBRA                                                     |        | IDADE<br>(dias) | FCK<br>(Mpa) | MASSA<br>(Kg) | ALTURA<br>(m) | DIAMETRO<br>(m) | VOLUME<br>(m³) | DENSIDADE<br>(Kg/m³) |
|                                                          | CP1    | 28              | 20,70        | 3,8362        | 0,1970        | 0,10            | 0,0015472      | 2.479,39             |
|                                                          | CP2    |                 | 21,20        | 3,9202        | 0,2025        | 0,10            | 0,0015904      | 2.464,87             |
|                                                          | CP3    |                 | 19,80        | 3,8296        | 0,1983        | 0,10            | 0,0015574      | 2.458,90             |
|                                                          | MÉDIAS |                 | 20,57        | 3.862         | 0.1993        |                 | 0.0015650      | 2.467,72             |

| CONCRETEIRA |        | IDADE<br>(dias) | FCK<br>(Mpa) | MASSA<br>(Kg) | ALTURA<br>(m) | DIAMETRO<br>(m) | VOLUME<br>(m³) | DENSIDADE<br>(Kg/m³) |
|-------------|--------|-----------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|
|             | CP1    | 28              | 24,20        | 3,8402        | 0,1960        | 0,10            | 0,0015394      | 2.494,64             |
|             | CP2    |                 | 23,50        | 3,8772        | 0,1975        | 0,10            | 0,0015512      | 2.499,55             |
|             | CP3    |                 | 25,60        | 3,9206        | 0,2005        | 0,10            | 0,0015747      | 2.489,71             |
|             | MÉDIAS |                 | 24,43        | 3,879         | 0,1980        |                 | 0,0015551      | 2.494,63             |

| OBRA 2 - MEDIANEIRA - CONCRETAGEM DIA 17 DE AGOSTO DE 2017 |        |                |           |            |            |              |             |                   |
|------------------------------------------------------------|--------|----------------|-----------|------------|------------|--------------|-------------|-------------------|
| LOTE 1                                                     |        | DATA DO ENSAIO |           |            | 24/08/2017 |              |             |                   |
| OBRA                                                       |        | IDADE (dias)   | FCK (Mpa) | MASSA (Kg) | ALTURA (m) | DIAMETRO (m) | VOLUME (m³) | DENSIDADE (Kg/m³) |
|                                                            | CP1    | 7              | 16,80     | 3,89885    | 0,2010     | 0,10         | 0,0015787   | 2.469,74          |
|                                                            | CP2    |                | 15,00     | 3,90640    | 0,2010     | 0,10         | 0,0015787   | 2.474,52          |
|                                                            | CP3    |                | 17,30     | 3,92870    | 0,2020     | 0,10         | 0,0015865   | 2.476,32          |
|                                                            | MÉDIAS |                | 16,37     | 3,911      | 0,2013     |              | 0,0015813   | 2.473,53          |

| CONCRETEIRA |        | IDADE (dias) | FCK (Mpa) | MASSA (Kg) | ALTURA (m) | DIAMETRO (m) | VOLUME (m³) | DENSIDADE (Kg/m³) |
|-------------|--------|--------------|-----------|------------|------------|--------------|-------------|-------------------|
|             | CP1    | 7            | 21,60     | 3,90405    | 0,2000     | 0,10         | 0,0015708   | 2.485,40          |
|             | CP2    |              | 22,40     | 3,97180    | 0,2000     | 0,10         | 0,0015708   | 2.528,53          |
|             | CP3    |              | 21,70     | 3,96540    | 0,2010     | 0,10         | 0,0015787   | 2.511,89          |
|             | MÉDIAS |              | 21,90     | 3,947      | 0,2003     |              | 0,0015734   | 2.508,60          |

| OBRA 2 - MEDIANEIRA - CONCRETAGEM DIA 17 DE AGOSTO DE 2017 |        |                |           |            |            |              |             |                   |
|------------------------------------------------------------|--------|----------------|-----------|------------|------------|--------------|-------------|-------------------|
| LOTE 2                                                     |        | DATA DO ENSAIO |           |            | 06/09/2017 |              |             |                   |
| OBRA                                                       |        | IDADE (dias)   | FCK (Mpa) | MASSA (Kg) | ALTURA (m) | DIAMETRO (m) | VOLUME (m³) | DENSIDADE (Kg/m³) |
|                                                            | CP1    | 21(20)         | 21,10     | 3,9242     | 0,2010     | 0,10         | 0,0015787   | 2.485,79          |
|                                                            | CP2    |                | 21,50     | 3,8857     | 0,2020     | 0,10         | 0,0015865   | 2.449,22          |
|                                                            | CP3    |                | 22,40     | 3,8569     | 0,1990     | 0,10         | 0,0015629   | 2.467,72          |
|                                                            | MÉDIAS |                | 21,67     | 3,889      | 0,2007     |              | 0,0015760   | 2.467,58          |

| CONCRETEIRA |        | IDADE (dias) | FCK (Mpa) | MASSA (Kg) | ALTURA (m) | DIAMETRO (m) | VOLUME (m³) | DENSIDADE (Kg/m³) |
|-------------|--------|--------------|-----------|------------|------------|--------------|-------------|-------------------|
|             | CP1    | 21(20)       | 28,60     | 3,9761     | 0,2010     | 0,10         | 0,0015787   | 2.518,67          |
|             | CP2    |              | 27,60     | 3,9802     | 0,2010     | 0,10         | 0,0015787   | 2.521,27          |
|             | CP3    |              | 25,70     | 3,9904     | 0,2015     | 0,10         | 0,0015826   | 2.521,46          |
|             | MÉDIAS |              | 27,30     | 3,982      | 0,2012     |              | 0,0015800   | 2.520,46          |

| OBRA 2 - MEDIANEIRA - CONCRETAGEM DIA 17 DE AGOSTO DE 2017 |        |                |           |            |            |              |             |                   |
|------------------------------------------------------------|--------|----------------|-----------|------------|------------|--------------|-------------|-------------------|
| LOTE 3                                                     |        | DATA DO ENSAIO |           |            | 14/09/2017 |              |             |                   |
| OBRA                                                       |        | IDADE (dias)   | FCK (Mpa) | MASSA (Kg) | ALTURA (m) | DIAMETRO (m) | VOLUME (m³) | DENSIDADE (Kg/m³) |
|                                                            | CP1    | 28             | 17,00     | 3,83040    | 0,1978     | 0,10         | 0,0015535   | 2.465,63          |
|                                                            | CP2    |                | 20,40     | 3,84760    | 0,1981     | 0,10         | 0,0015559   | 2.472,95          |
|                                                            | CP3    |                | 17,60     | 3,70880    | 0,1960     | 0,10         | 0,0015394   | 2.409,28          |
|                                                            | MÉDIAS |                | 18,33     | 3,796      | 0,1973     |              | 0,0015496   | 2.449,29          |

| CONCRETEIRA |        | IDADE (dias) | FCK (Mpa) | MASSA (Kg) | ALTURA (m) | DIAMETRO (m) | VOLUME (m³) | DENSIDADE (Kg/m³) |
|-------------|--------|--------------|-----------|------------|------------|--------------|-------------|-------------------|
|             | CP1    | 28           | 25,70     | 3,7932     | 0,1920     | 0,10         | 0,0015080   | 2.515,44          |
|             | CP2    |              | 24,40     | 3,9727     | 0,2000     | 0,10         | 0,0015708   | 2.529,10          |
|             | CP3    |              | 25,80     | 3,9297     | 0,2025     | 0,10         | 0,0015904   | 2.470,84          |
|             | MÉDIAS |              | 25,30     | 3,899      | 0,1982     |              | 0,0015564   | 2.505,13          |

| OBRA 3 - MEDIANEIRA - CONCRETAGEM DIA 28 DE AGOSTO DE 2017 |        |                 |              |               |               |                 |                |                      |
|------------------------------------------------------------|--------|-----------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|
| LOTE 1                                                     |        | DATA DO ENSAIO  |              |               | 04/09/2017    |                 |                |                      |
| OBRA                                                       |        | IDADE<br>(dias) | FCK<br>(Mpa) | MASSA<br>(Kg) | ALTURA<br>(m) | DIAMETRO<br>(m) | VOLUME<br>(m³) | DENSIDADE<br>(Kg/m³) |
|                                                            | CP1    | 7               | 14,70        | 3,87360       | 0,1970        | 0,10            | 0,0015472      | 2.503,56             |
|                                                            | CP2    |                 | 15,00        | 3,81460       | 0,1950        | 0,10            | 0,0015315      | 2.490,72             |
|                                                            | CP3    |                 | 15,50        | 3,78270       | 0,1940        | 0,10            | 0,0015237      | 2.482,62             |
|                                                            | MÉDIAS |                 | 15,07        | 3,824         | 0,1953        |                 | 0,0015341      | 2.492,30             |

| CONCRETEIRA |        | IDADE<br>(dias) | FCK<br>(Mpa) | MASSA<br>(Kg) | ALTURA<br>(m) | DIAMETRO<br>(m) | VOLUME<br>(m³) | DENSIDADE<br>(Kg/m³) |
|-------------|--------|-----------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|
|             | CP1    | 7               | 21,90        | 3,78980       | 0,1910        | 0,10            | 0,0015001      | 2.526,35             |
|             | CP2    |                 | 19,90        | 3,94220       | 0,1970        | 0,10            | 0,0015472      | 2.547,90             |
|             | CP3    |                 | 21,40        | 3,81330       | 0,1930        | 0,10            | 0,0015158      | 2.515,67             |
|             | MÉDIAS |                 | 21,07        | 3,848         | 0,1937        |                 | 0,0015211      | 2.529,97             |

| OBRA 3 - MEDIANEIRA - CONCRETAGEM DIA 28 DE AGOSTO DE 2017 |        |                 |              |               |               |                 |                |                      |
|------------------------------------------------------------|--------|-----------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|
| LOTE 2                                                     |        | DATA DO ENSAIO  |              |               | 18/09/2017    |                 |                |                      |
| OBRA                                                       |        | IDADE<br>(dias) | FCK<br>(Mpa) | MASSA<br>(Kg) | ALTURA<br>(m) | DIAMETRO<br>(m) | VOLUME<br>(m³) | DENSIDADE<br>(Kg/m³) |
|                                                            | CP1    | 21              | 17,80000     | 3,82390       | 0,1992        | 0,10            | 0,0015645      | 2.444,15             |
|                                                            | CP2    |                 | 18,70000     | 3,87010       | 0,2010        | 0,10            | 0,0015787      | 2.451,52             |
|                                                            | CP3    |                 | 18,90000     | 3,82590       | 0,1995        | 0,10            | 0,0015669      | 2.441,75             |
|                                                            | MÉDIAS |                 | 18,467       | 3,840         | 0,1999        |                 | 0,0015700      | 2.445,81             |

| CONCRETEIRA |        | IDADE<br>(dias) | FCK<br>(Mpa) | MASSA<br>(Kg) | ALTURA<br>(m) | DIAMETRO<br>(m) | VOLUME<br>(m³) | DENSIDADE<br>(Kg/m³) |
|-------------|--------|-----------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|
|             | CP1    | 21              | 24,50000     | 3,82880       | 0,1969        | 0,10            | 0,0015464      | 2.475,87             |
|             | CP2    |                 | 26,10000     | 3,93600       | 0,2010        | 0,10            | 0,0015787      | 2.493,27             |
|             | CP3    |                 | 24,90000     | 3,87920       | 0,1990        | 0,10            | 0,0015629      | 2.481,99             |
|             | MÉDIAS |                 | 25,167       | 3,881         | 0,1990        |                 | 0,0015627      | 2.483,71             |

## ANEXOS



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado  
Corpo de Prova - Concreteira 1

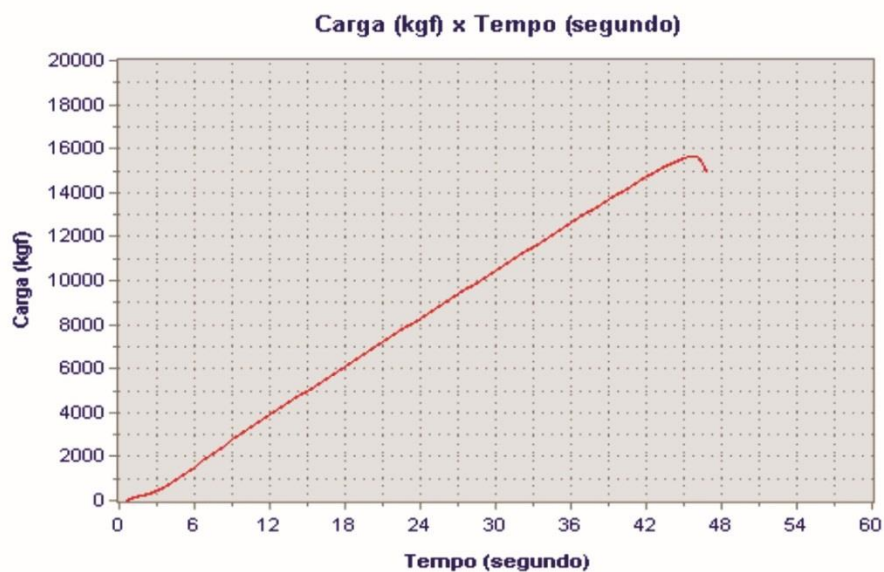
## Dados Cadastrais

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 14/08/2017

## Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 15.660  
Tensão máxima (MPa): 19,6  
Tipo de Ruptura:

## Gráfico do ensaio realizado





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 02**

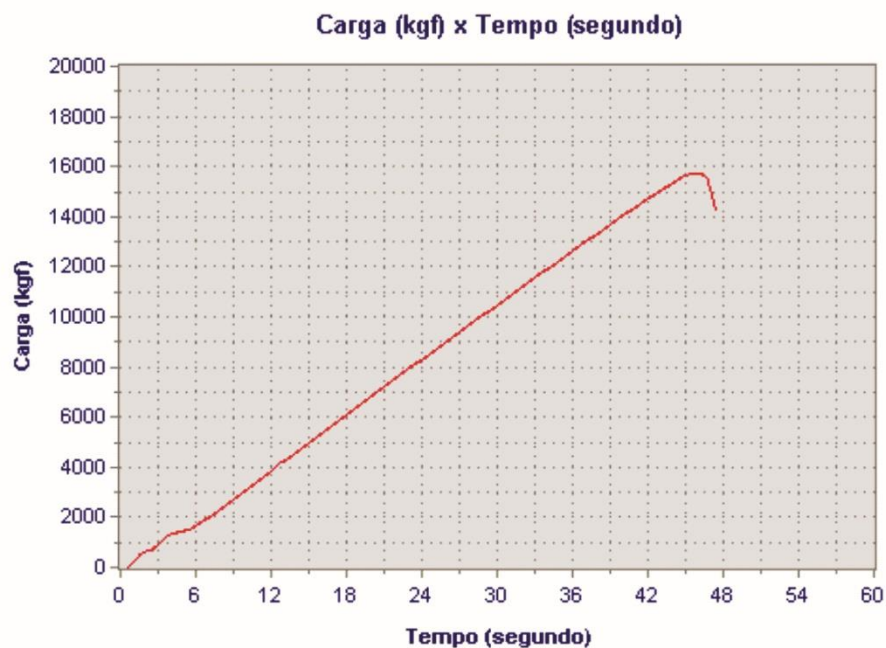
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 15.720  
 Tensão máxima (MPa): 19,6  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 03**

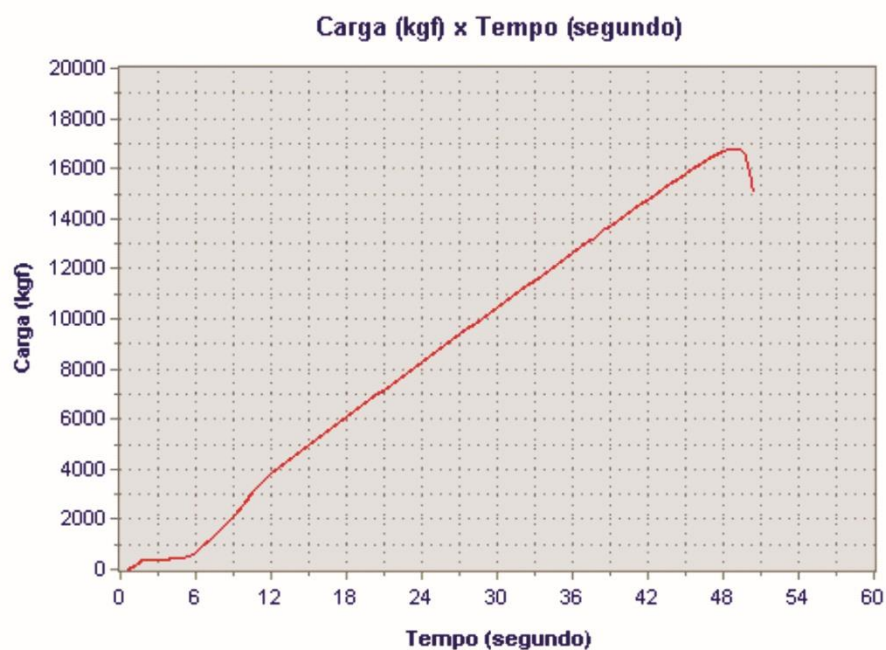
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 16.800  
 Tensão máxima (MPa): 21,0  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 1**

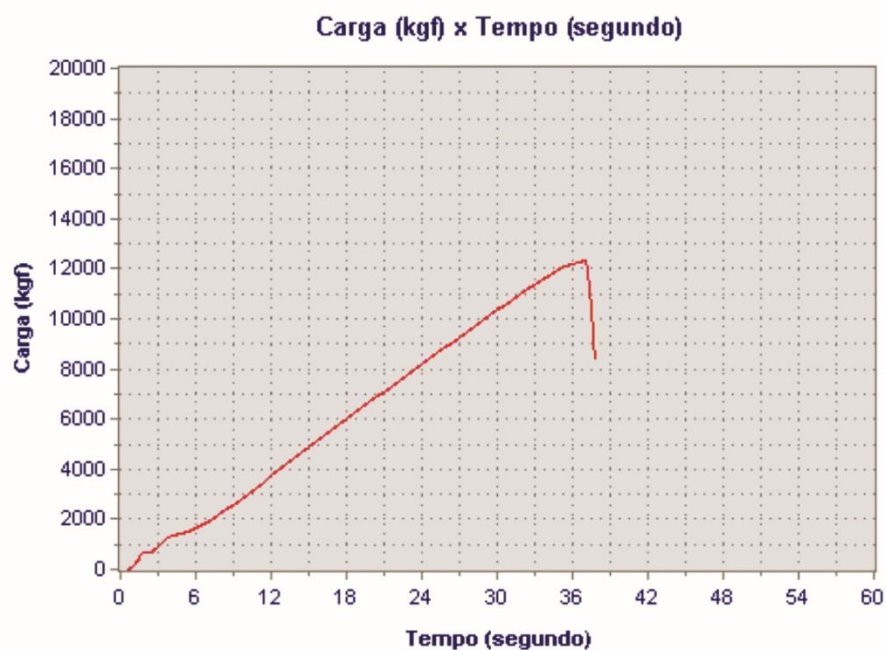
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 12.230  
Tensão máxima (MPa): 15,3  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 2**

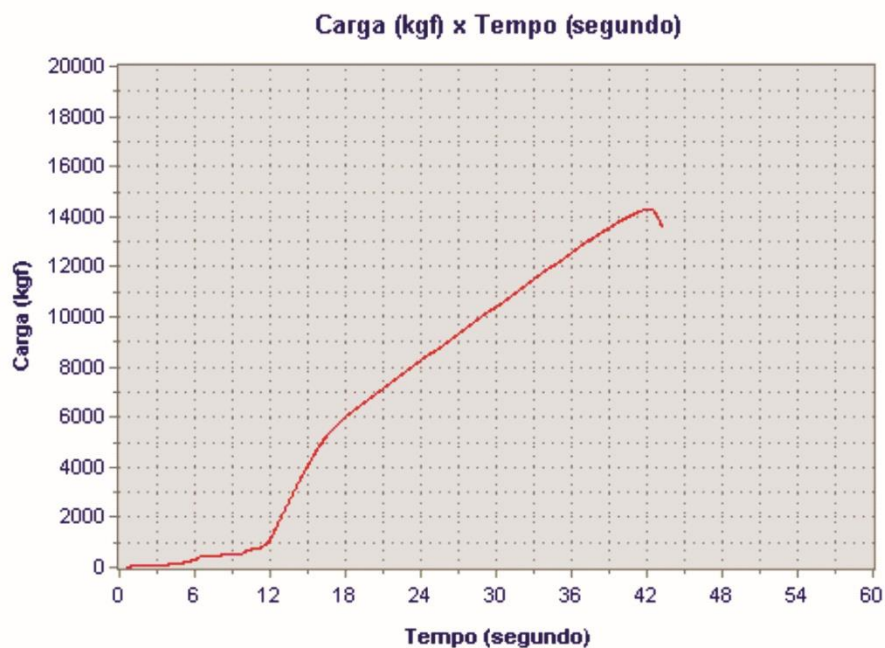
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 14.310  
 Tensão máxima (MPa): 17,9  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 03**

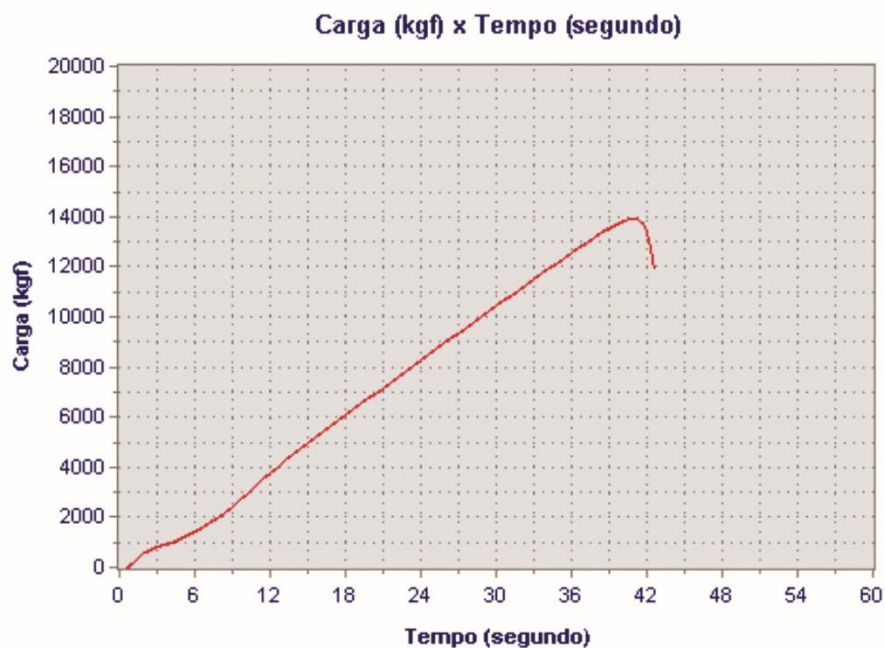
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 13.930  
 Tensão máxima (MPa): 17,4  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 1**

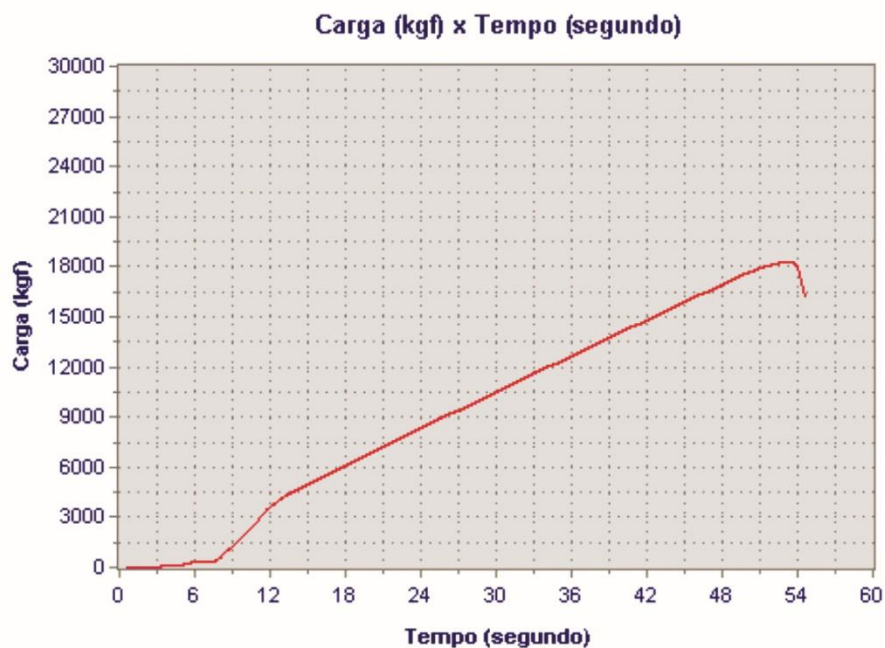
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 18.310  
 Tensão máxima (MPa): 22,9  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 2**

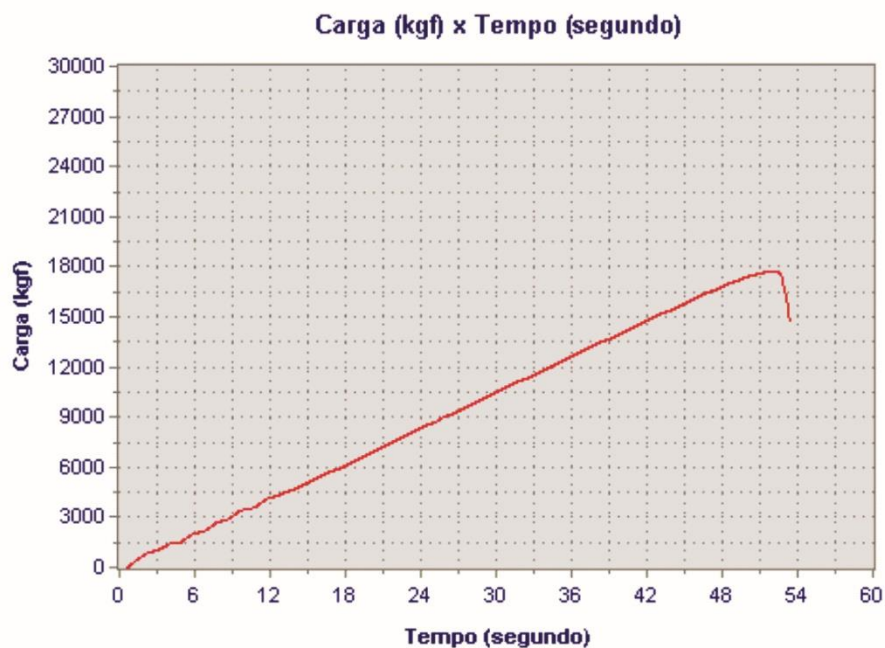
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 17.710  
 Tensão máxima (MPa): 22,1  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 3**

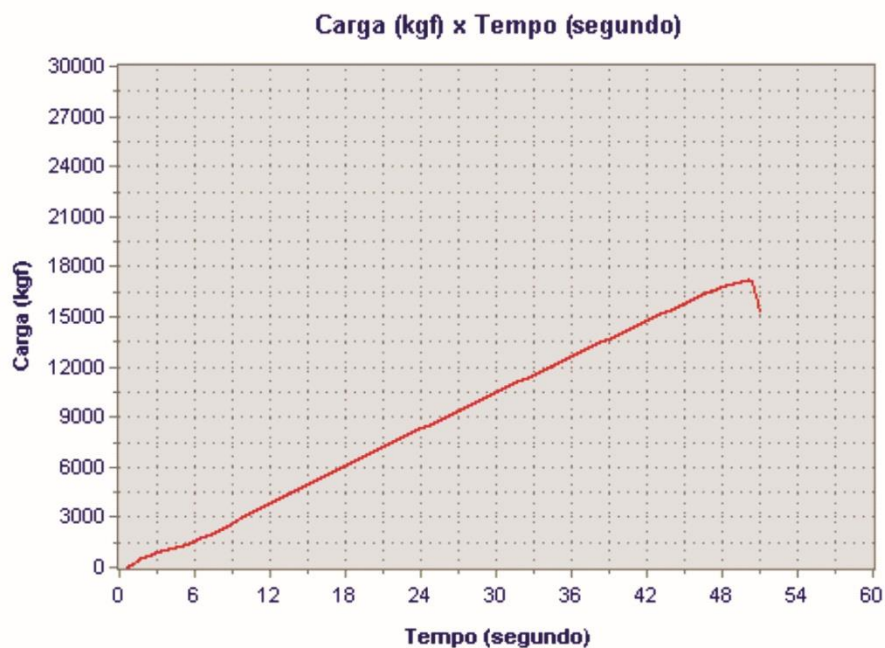
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 17.150  
 Tensão máxima (MPa): 21,4  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 1**

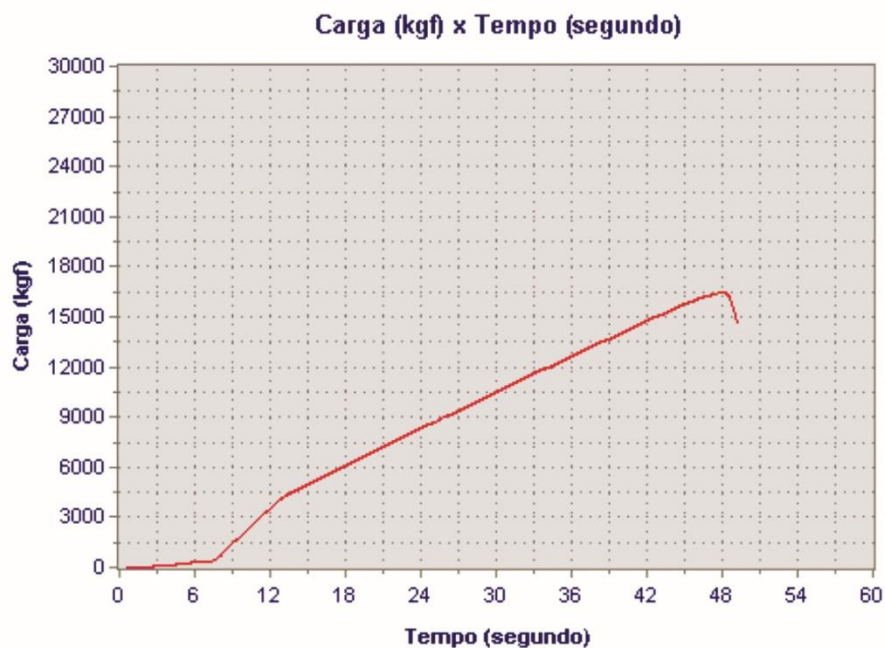
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 16.430  
Tensão máxima (MPa): 20,5  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 2**

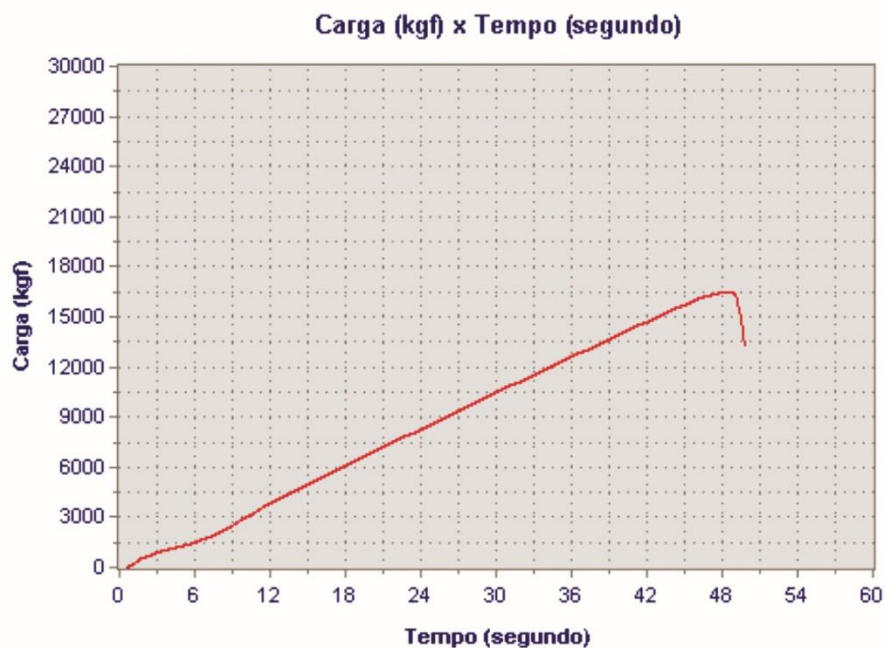
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 16.470  
 Tensão máxima (MPa): 20,6  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 3**

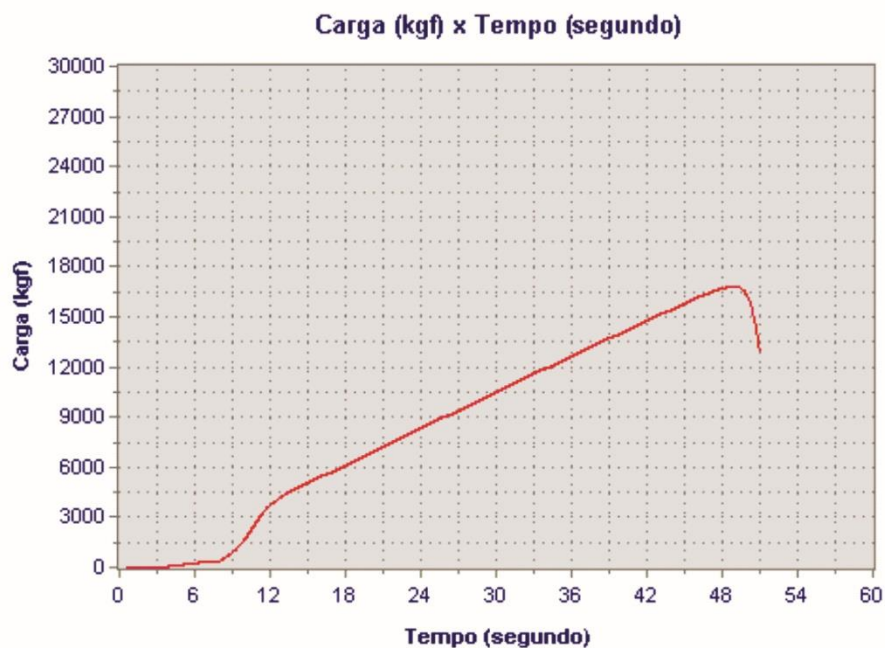
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 16.800  
 Tensão máxima (MPa): 21,0  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 01**

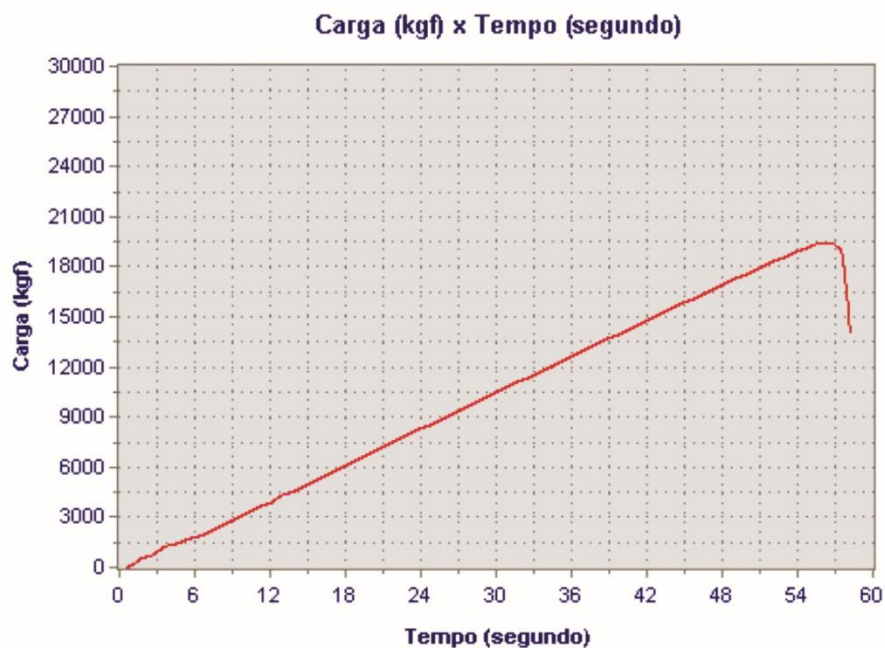
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 19.410  
Tensão máxima (MPa): 24,2  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 2**

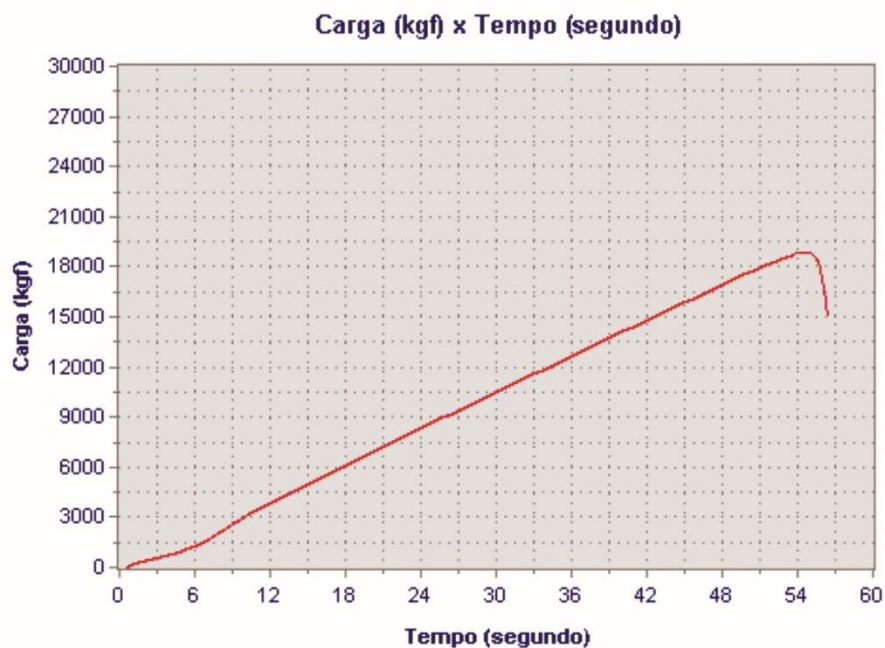
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 18.840  
 Tensão máxima (MPa): 23,5  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 3**

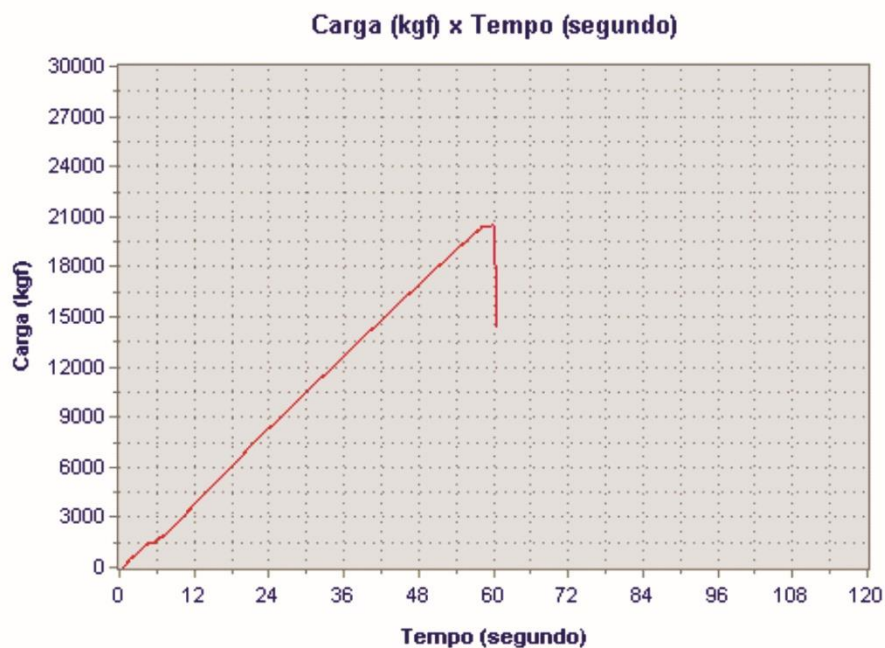
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 20.480  
 Tensão máxima (MPa): 25,6  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 01**

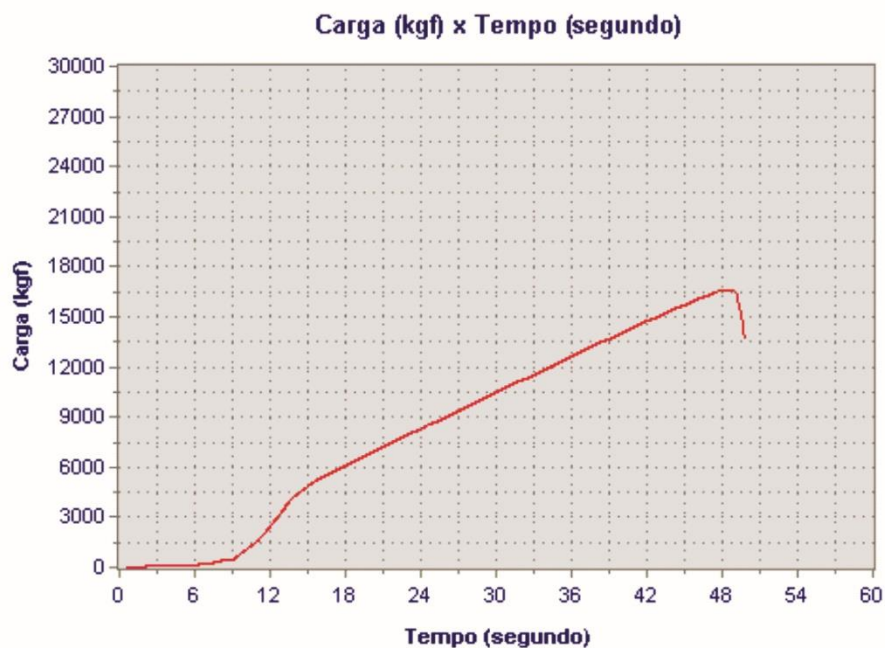
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 16.600  
 Tensão máxima (MPa): 20,7  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 2**

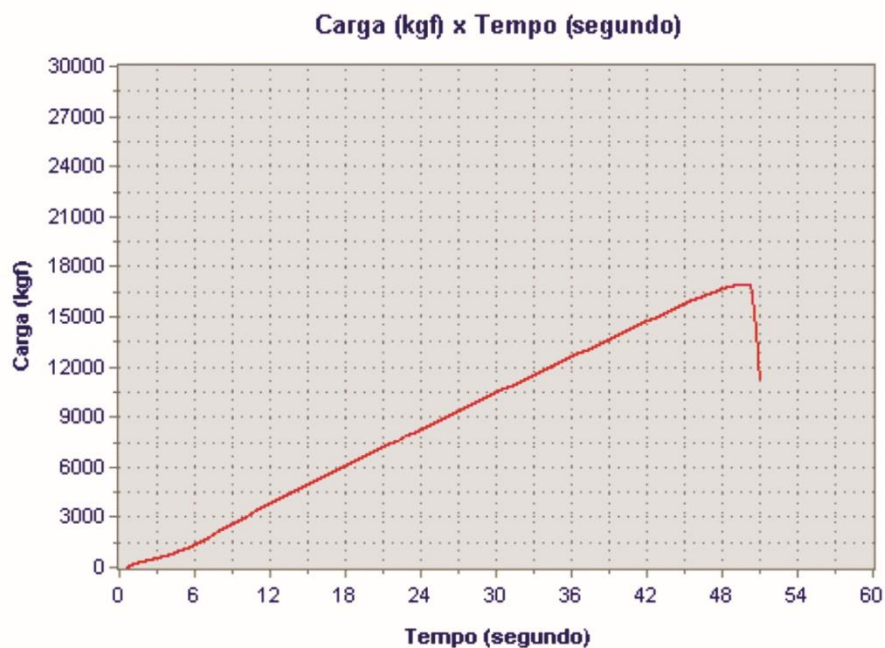
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 16.950  
Tensão máxima (MPa): 21,2  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 3**

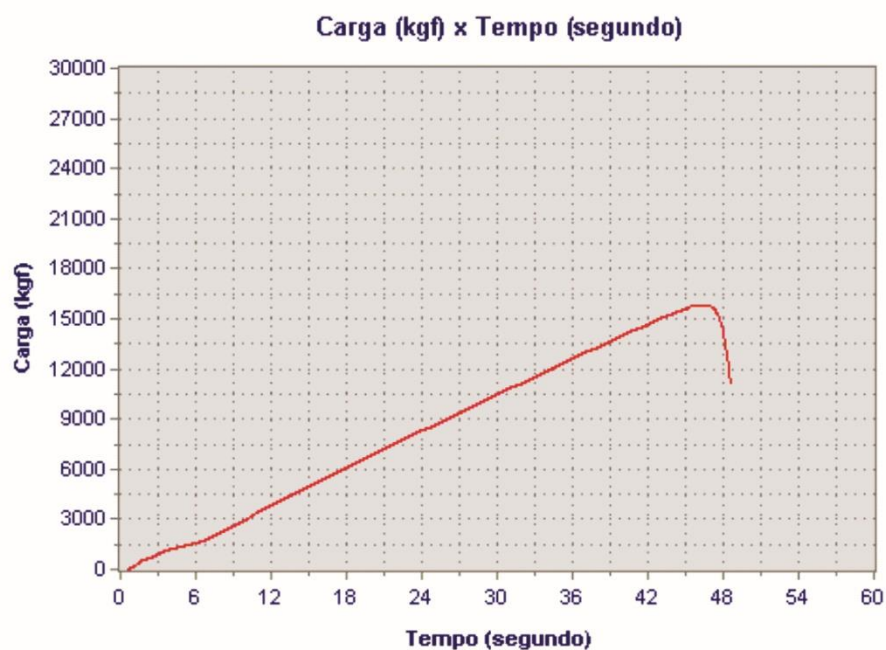
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 14/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 15.840  
Tensão máxima (MPa): 19,8  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos**  
**Corpo de Prova - concreteira 1**

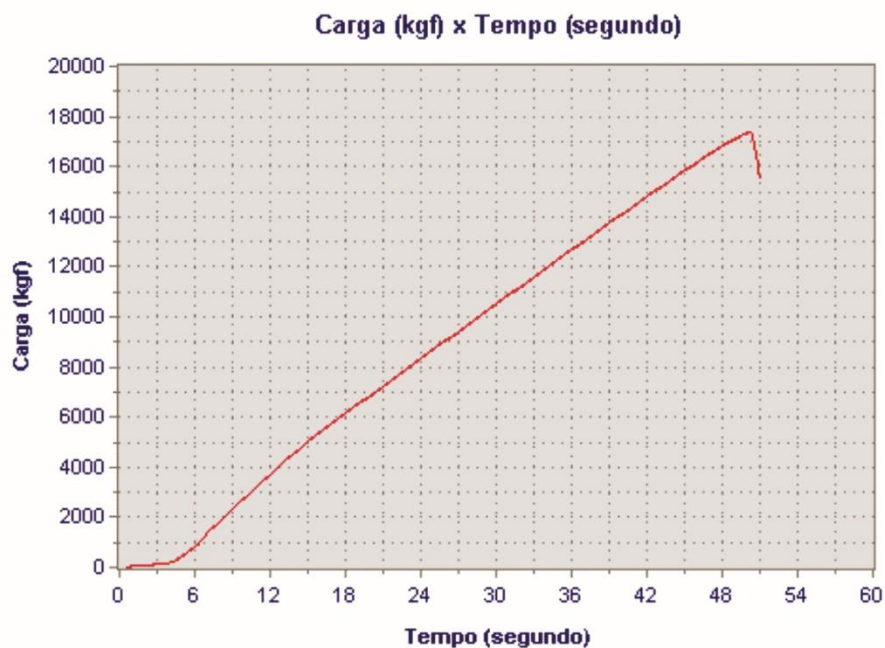
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 17/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 17.270  
 Tensão máxima (MPa): 21,6  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - concreteira 2**

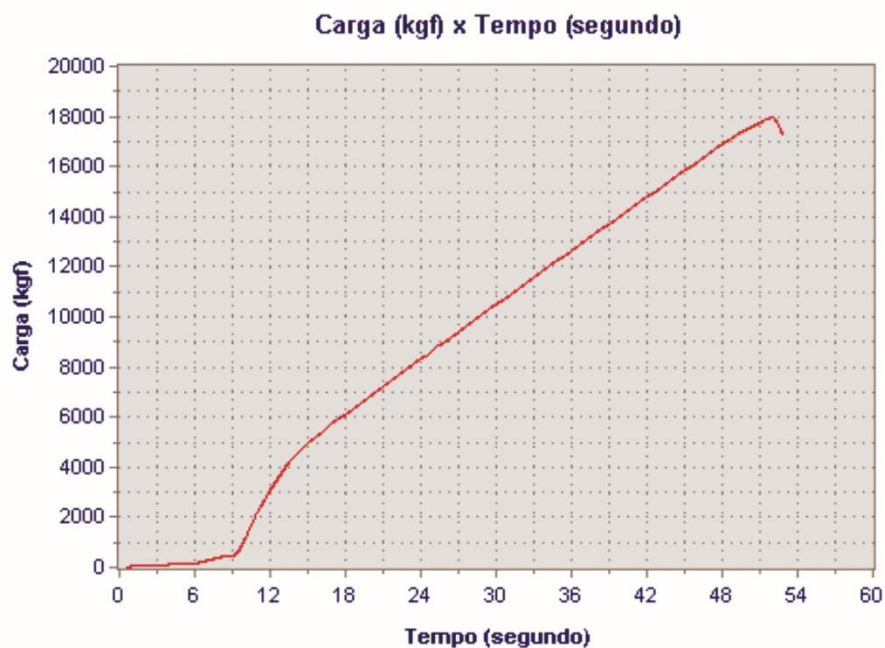
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 17/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 17.910  
Tensão máxima (MPa): 22,4  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - concreteira 3**

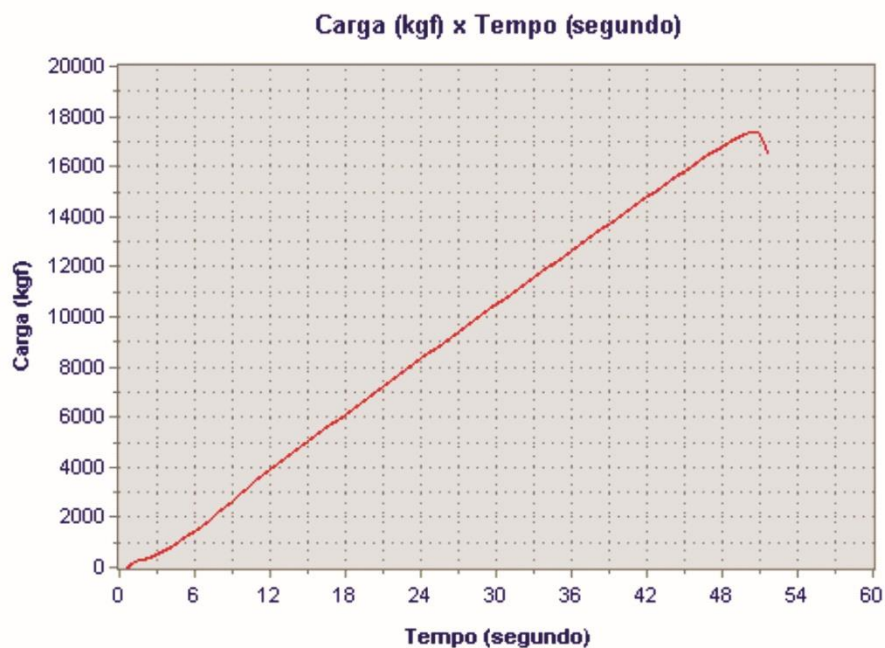
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 17/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 17.350  
 Tensão máxima (MPa): 21,7  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - obra 1**

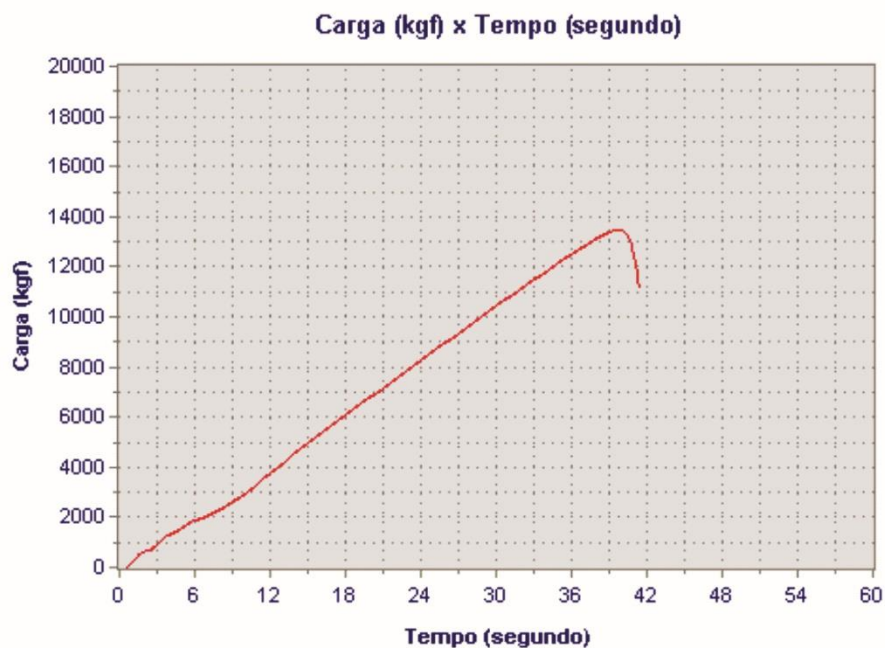
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 17/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 13.450  
Tensão máxima (MPa): 16,8  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - obra 2**

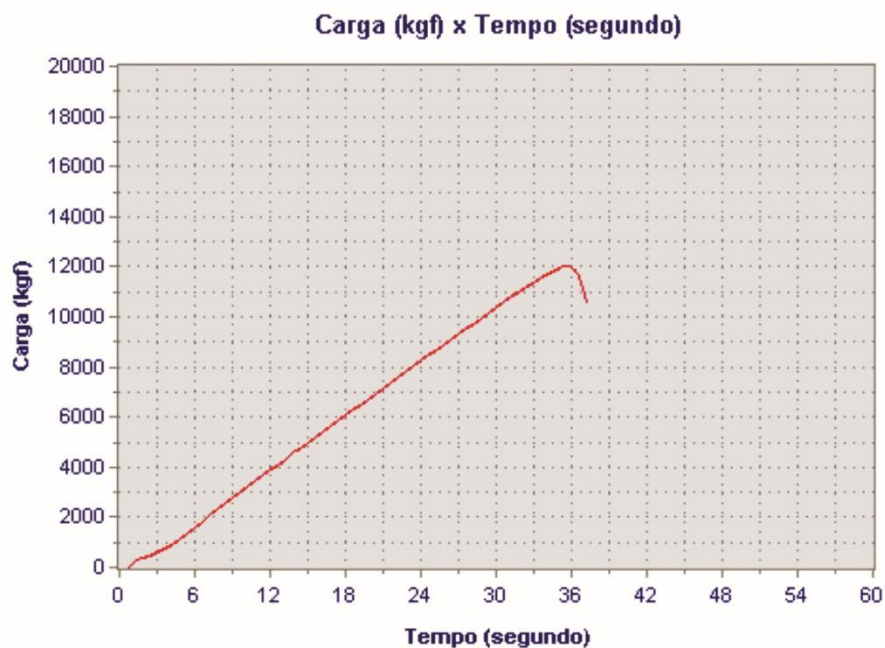
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 17/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 12.000  
 Tensão máxima (MPa): 15,0  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - obra 3**

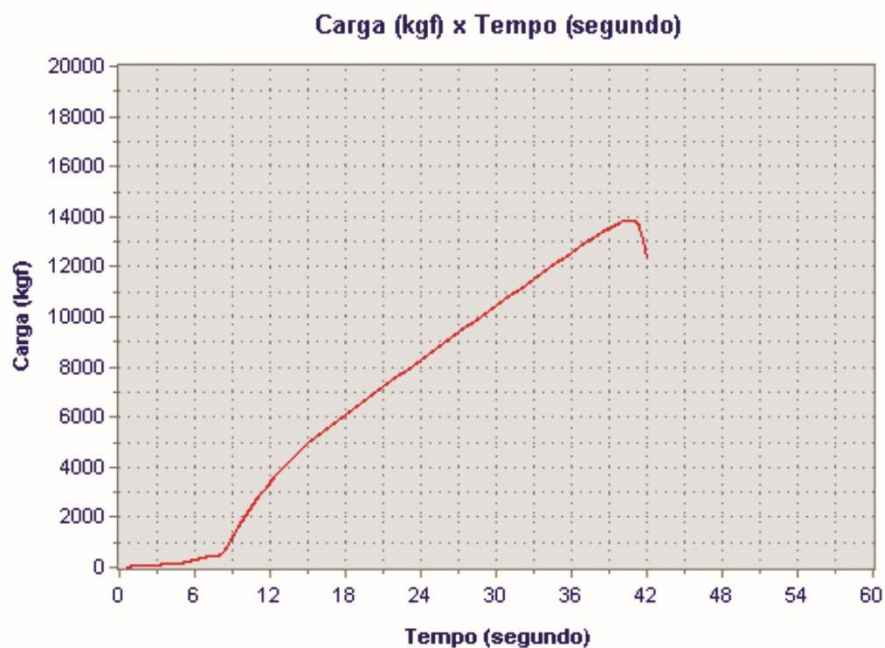
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 17/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 13.850  
Tensão máxima (MPa): 17,3  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





## NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos

### Dados Cadastrais da Amostra

Amostra: Tcc Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Shayane  
 Data de Moldagem: 16/08/2017

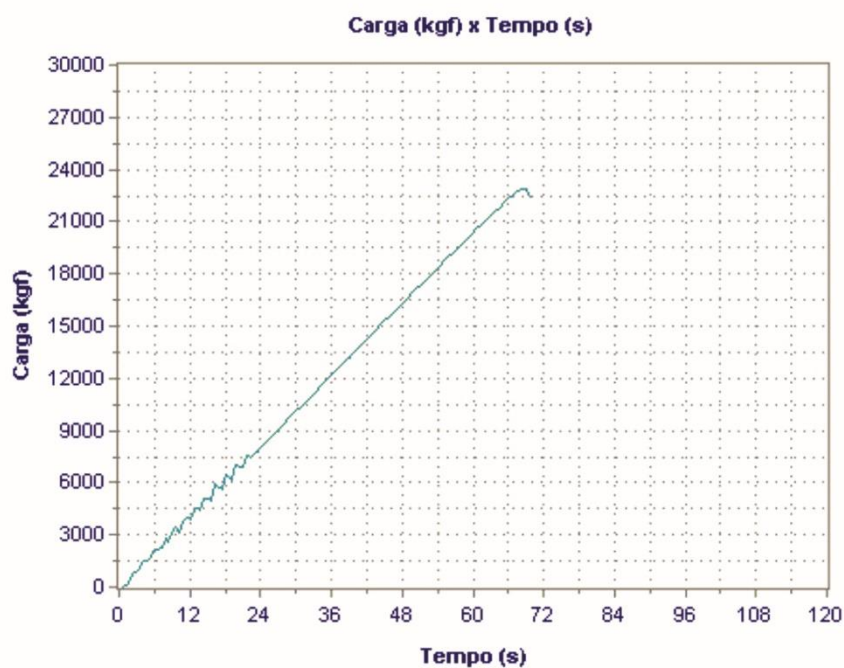
### Dados Complementares

Tensão ruptura prevista:  
 Distância fixação extensômetros:

### Dados dos Corpos de Prova

| Id. CP | Idade | Tensão Ruptura | Carga Ruptura | Tipo |
|--------|-------|----------------|---------------|------|
| cp1    | 21    | 28,6 (MPa)     | 22.880 (kgf)  |      |

### Gráfico dos Ensaio





## NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos

### Dados Cadastrais da Amostra

Amostra: Tcc Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Shayane  
 Data de Moldagem: 16/08/2017

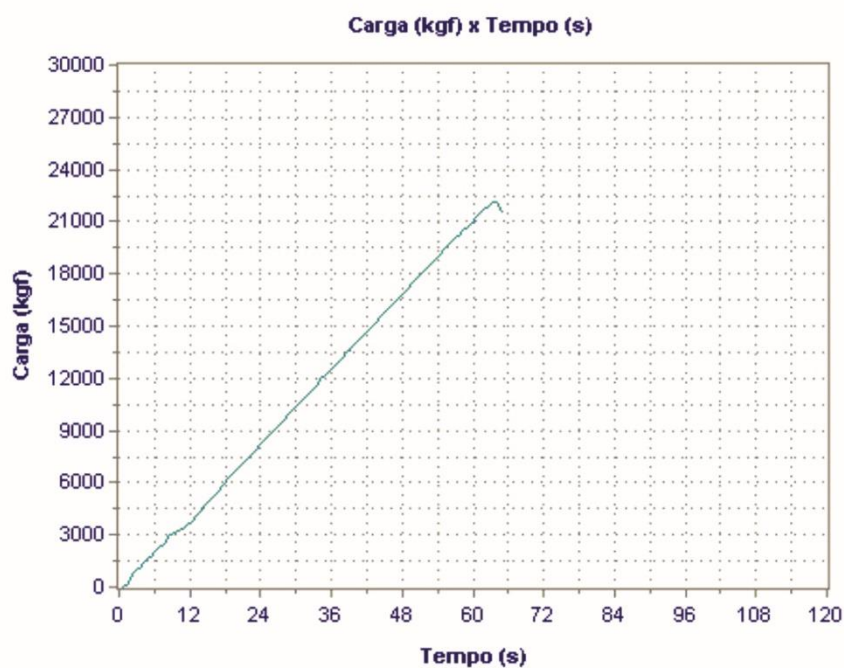
### Dados Complementares

Tensão ruptura prevista:  
 Distância fixação extensômetros:

### Dados dos Corpos de Prova

| Id. CP | Idade | Tensão Ruptura | Carga Ruptura | Tipo |
|--------|-------|----------------|---------------|------|
| cp2    | 21    | 27,6 (MPa)     | 22.100 (kgf)  |      |

### Gráfico dos Ensaio





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - cp3**

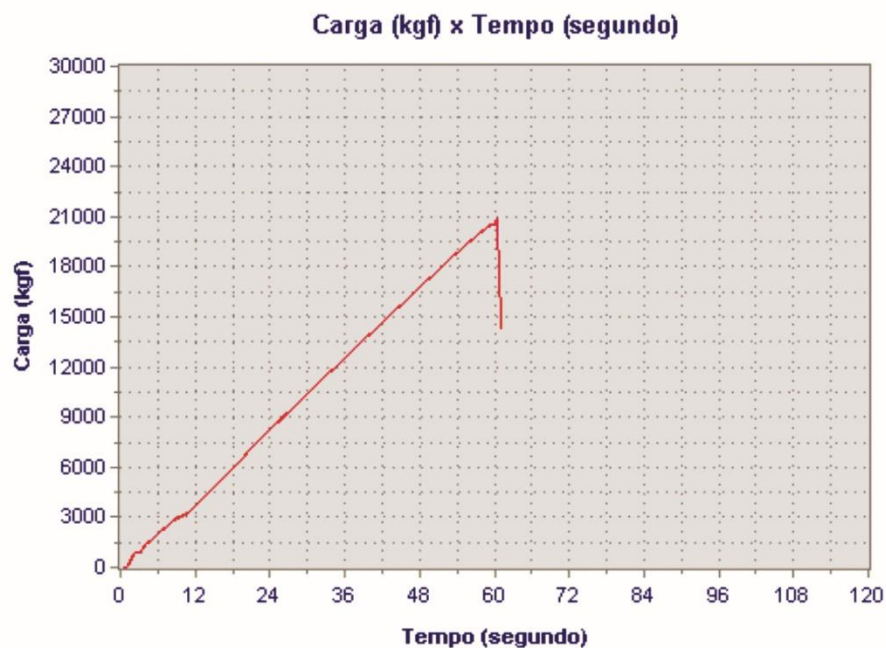
**Dados Cadastrais**

Amostra: Tcc Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Shayane  
 Data de Moldagem: 16/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 20.570  
 Tensão máxima (MPa): 25,7  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - cp1 obra**

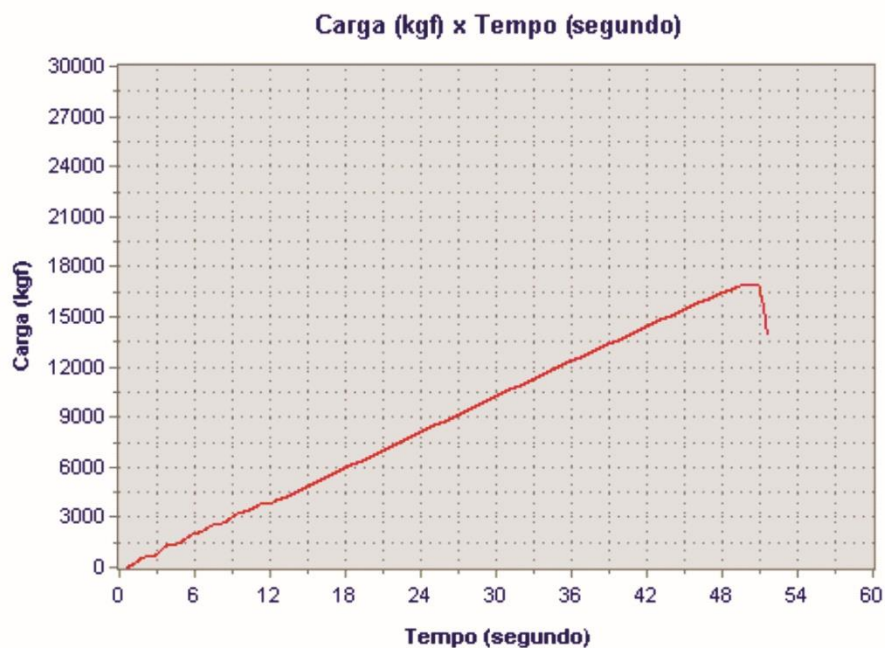
**Dados Cadastrais**

Amostra: Tcc Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Shayane  
Data de Moldagem: 16/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 16.930  
Tensão máxima (MPa): 21,1  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - cp2 obra**

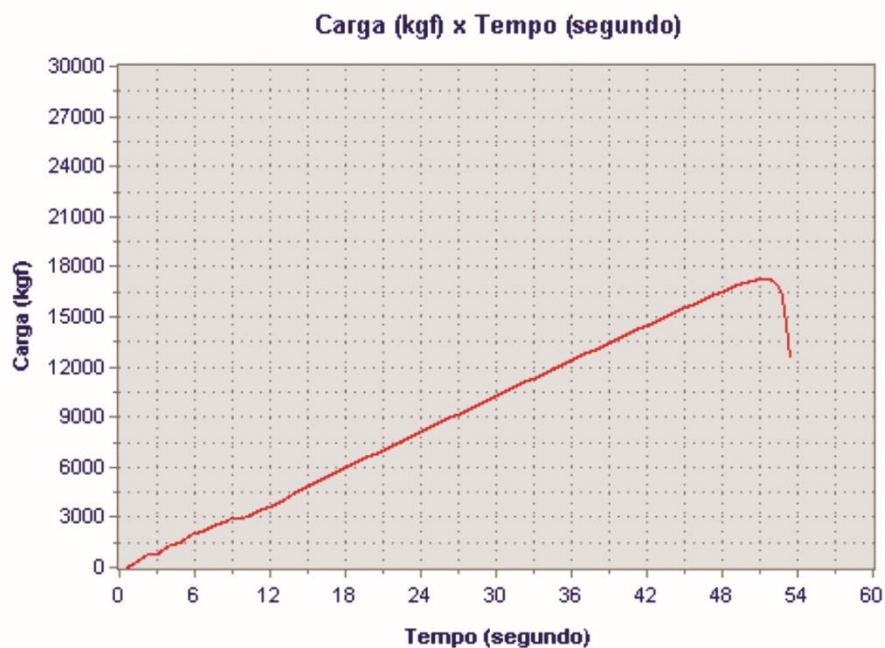
**Dados Cadastrais**

Amostra: Tcc Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Shayane  
Data de Moldagem: 16/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 17.250  
Tensão máxima (MPa): 21,5  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - cp3 obra**

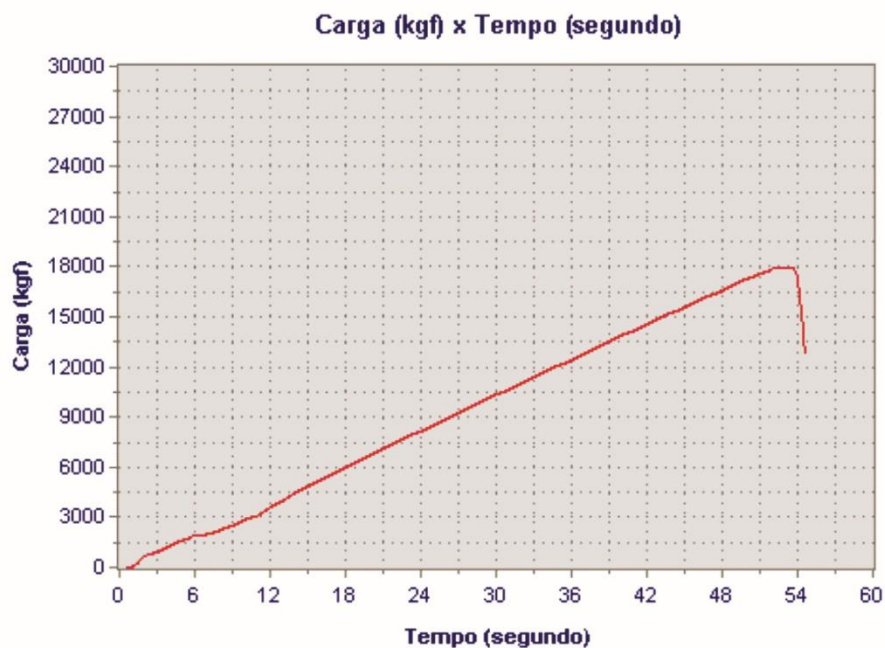
**Dados Cadastrais**

Amostra: Tcc Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Shayane  
 Data de Moldagem: 16/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 17.960  
 Tensão máxima (MPa): 22,4  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - CP concretera 1**

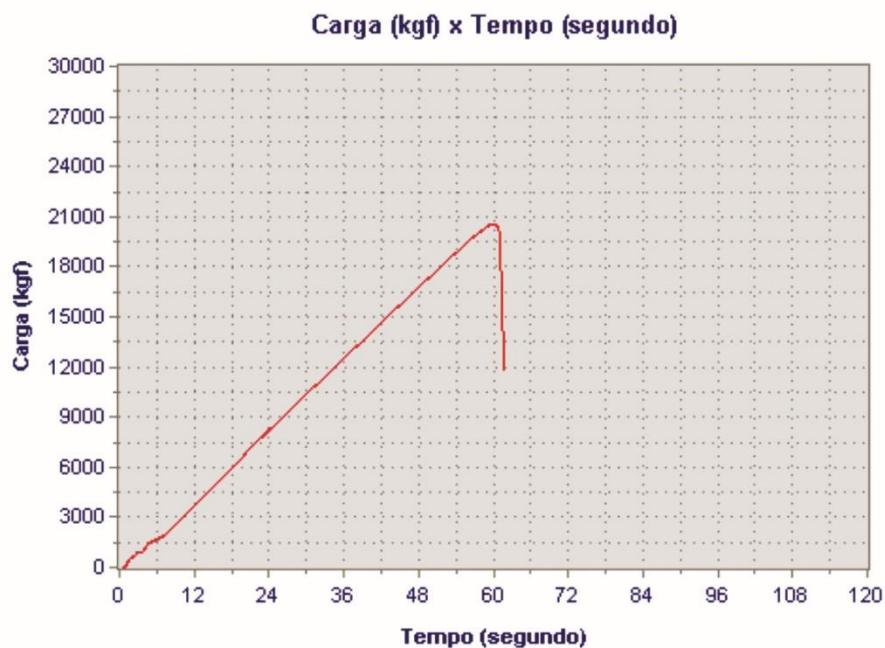
**Dados Cadastrais**

Amostra: tcc evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: evandro  
 Responsável: jhonatan  
 Data de Moldagem: 17/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 20.560  
 Tensão máxima (MPa): 25,7  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - CP concretera 2**

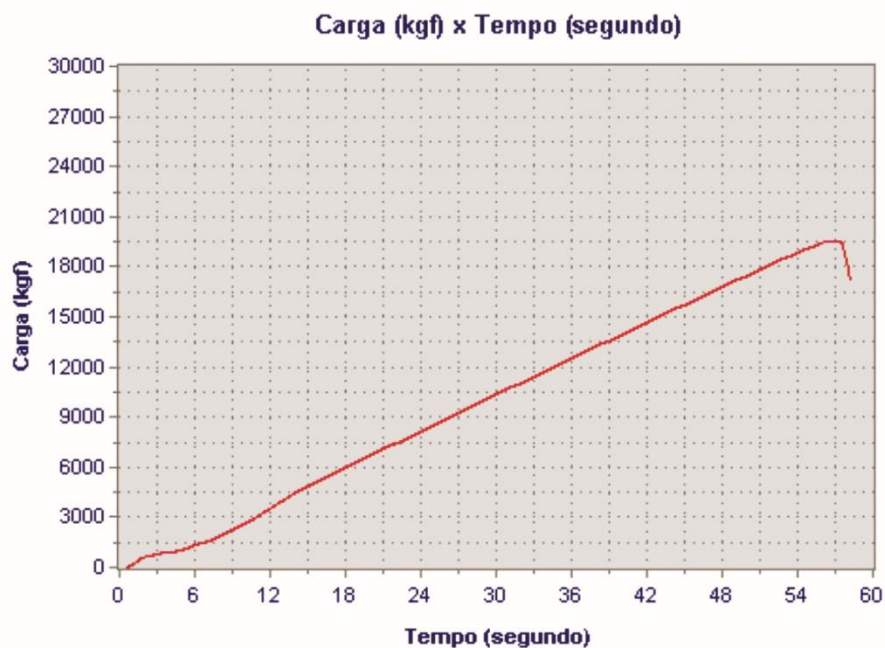
**Dados Cadastrais**

Amostra: tcc evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: evandro  
 Responsável: jhonatan  
 Data de Moldagem: 17/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 19.530  
 Tensão máxima (MPa): 24,4  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - CP concretera 3**

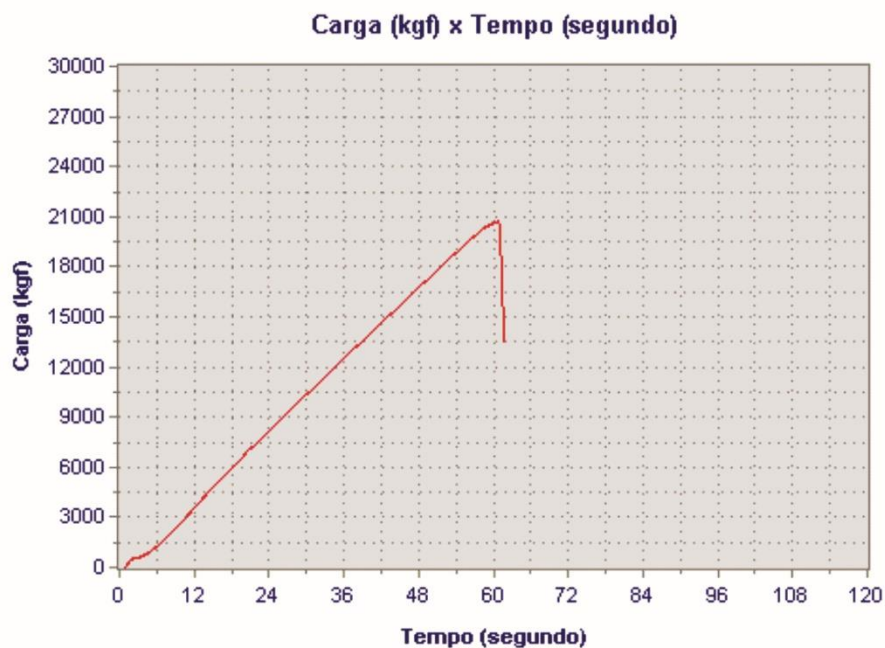
**Dados Cadastrais**

Amostra: tcc evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: evandro  
 Responsável: jhonatan  
 Data de Moldagem: 17/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 20.680  
 Tensão máxima (MPa): 25,8  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Cp 1**

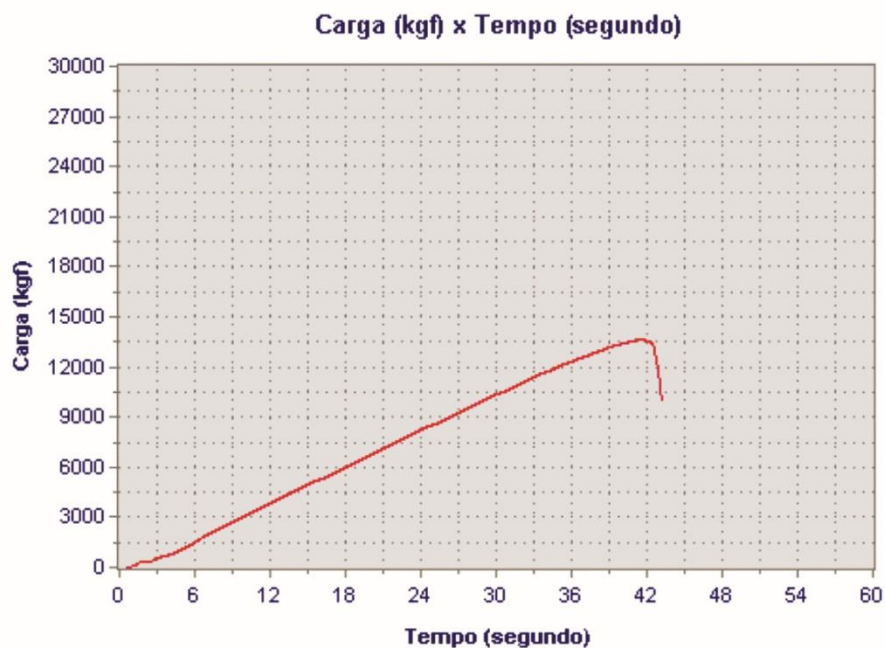
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Shayane  
Data de Moldagem: 17/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 13.600  
Tensão máxima (MPa): 17,0  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - CP 2 obra**

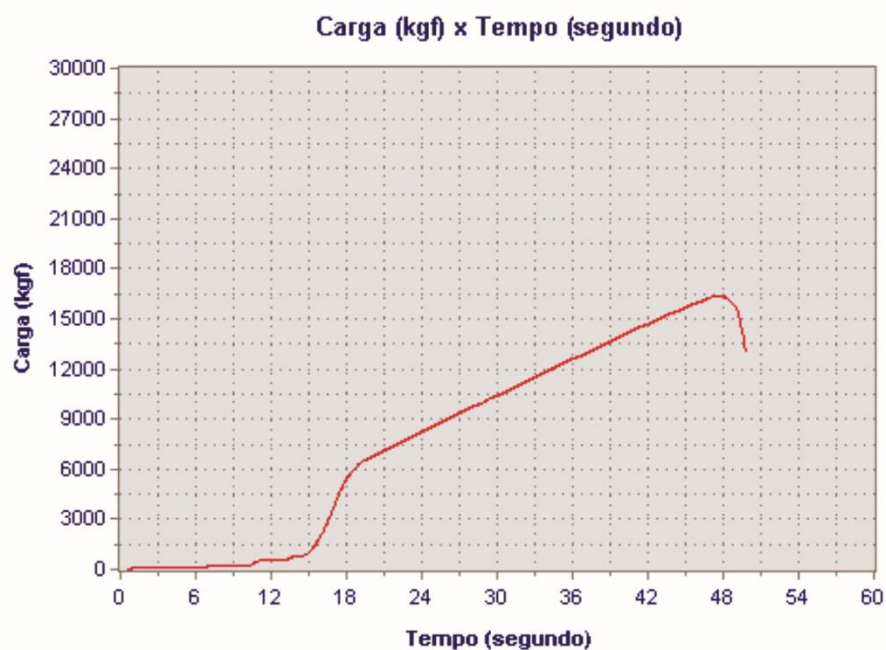
**Dados Cadastrais**

Amostra: tcc evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: evandro  
Responsável: jhonatan  
Data de Moldagem: 17/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 16.350  
Tensão máxima (MPa): 20,4  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - CP3 obra**

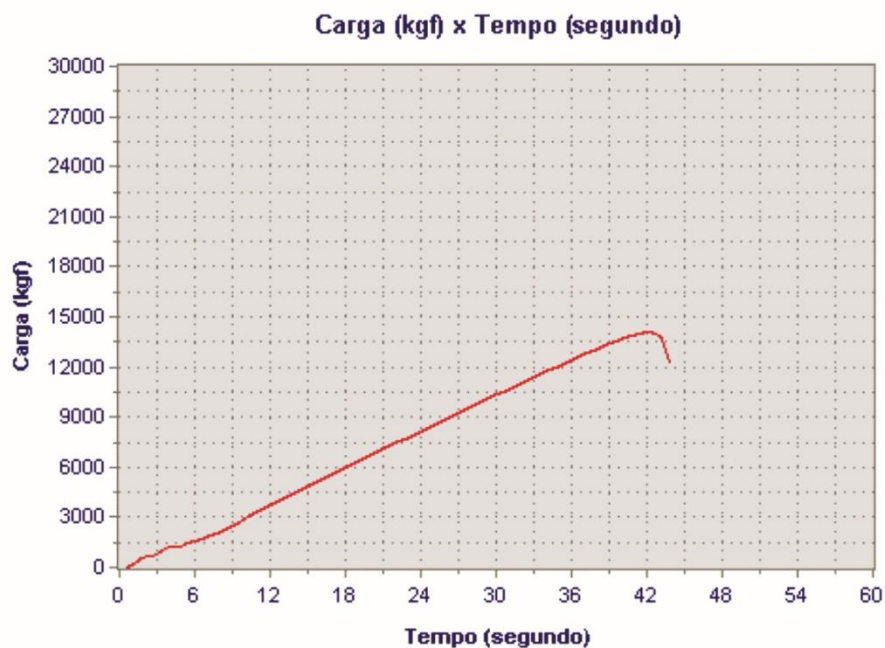
**Dados Cadastrais**

Amostra: tcc evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: evandro  
 Responsável: jhonatan  
 Data de Moldagem: 17/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 14.060  
 Tensão máxima (MPa): 17,6  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 1 - Lote 3**

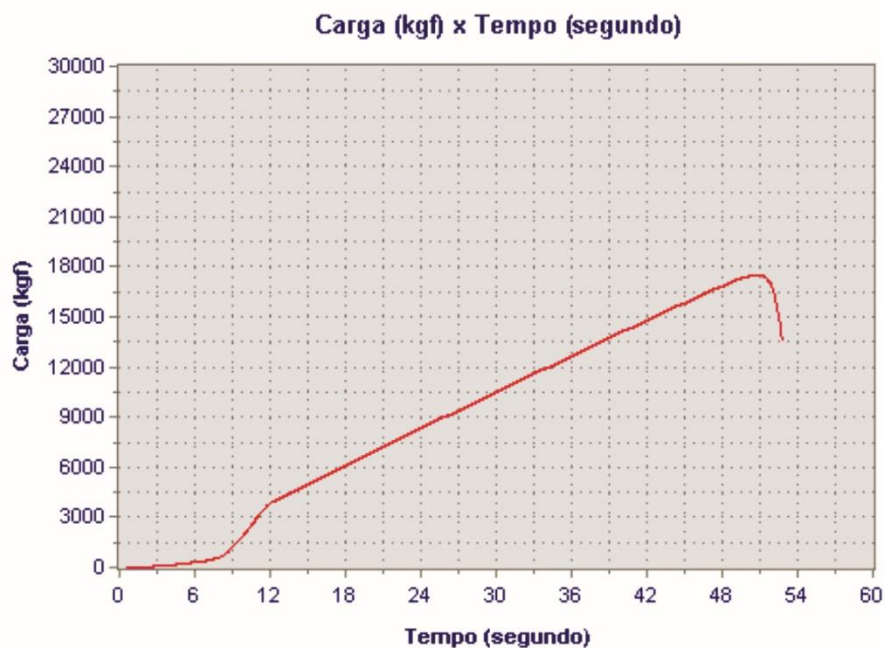
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 28/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 17.500  
 Tensão máxima (MPa): 21,9  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 2 - Lote 3**

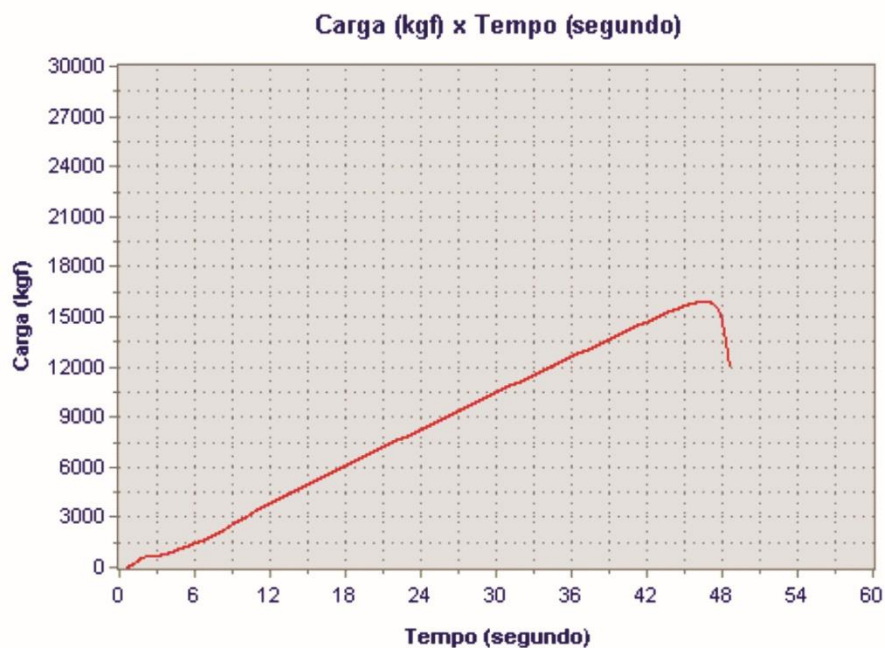
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 28/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 15.910  
 Tensão máxima (MPa): 19,9  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 3 - Lote 3**

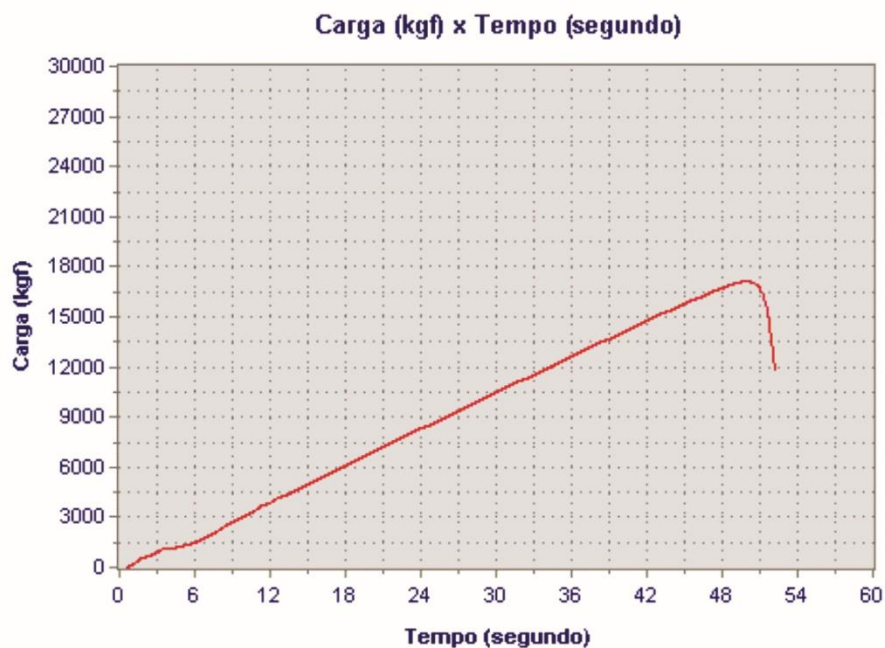
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 28/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 17.100  
Tensão máxima (MPa): 21,4  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 1**

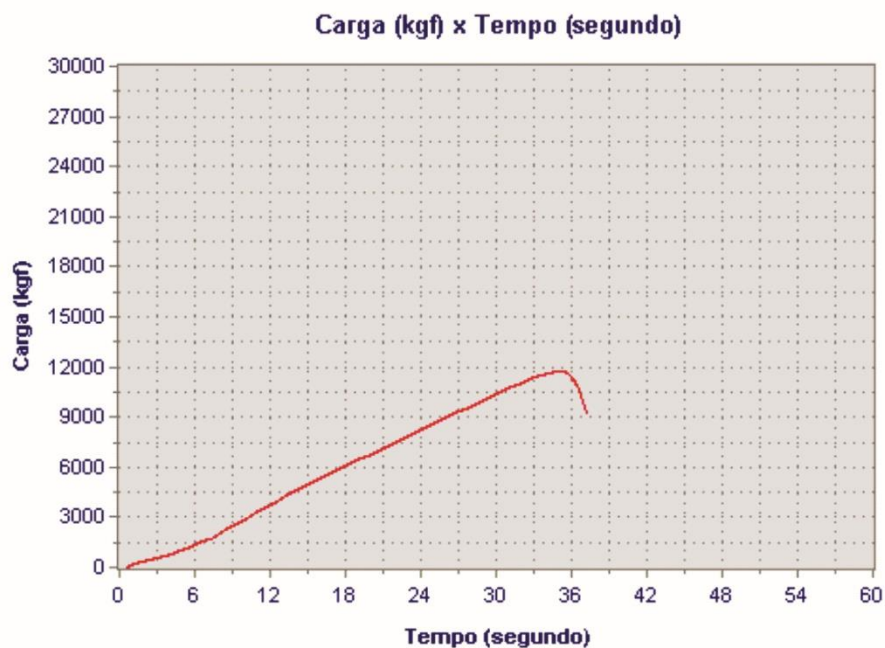
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 28/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 11.770  
 Tensão máxima (MPa): 14,7  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 2**

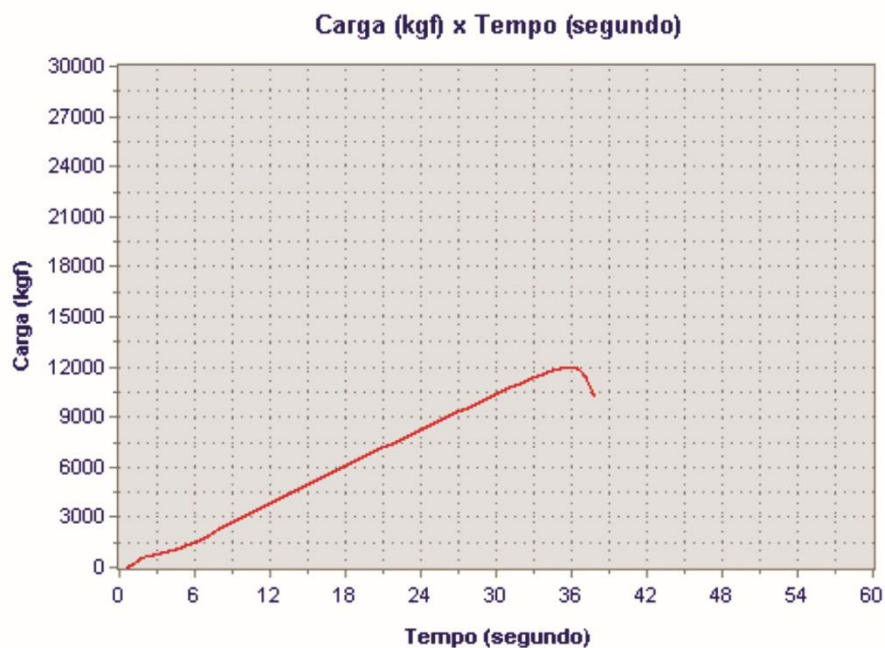
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 28/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 11.990  
 Tensão máxima (MPa): 15,0  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 3**

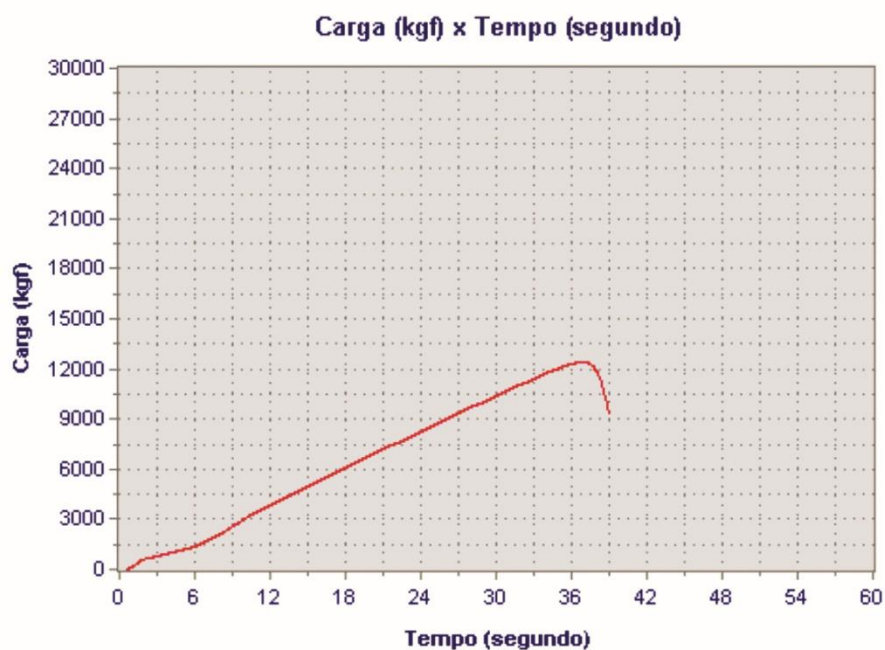
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 28/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 12.420  
Tensão máxima (MPa): 15,5  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 01**

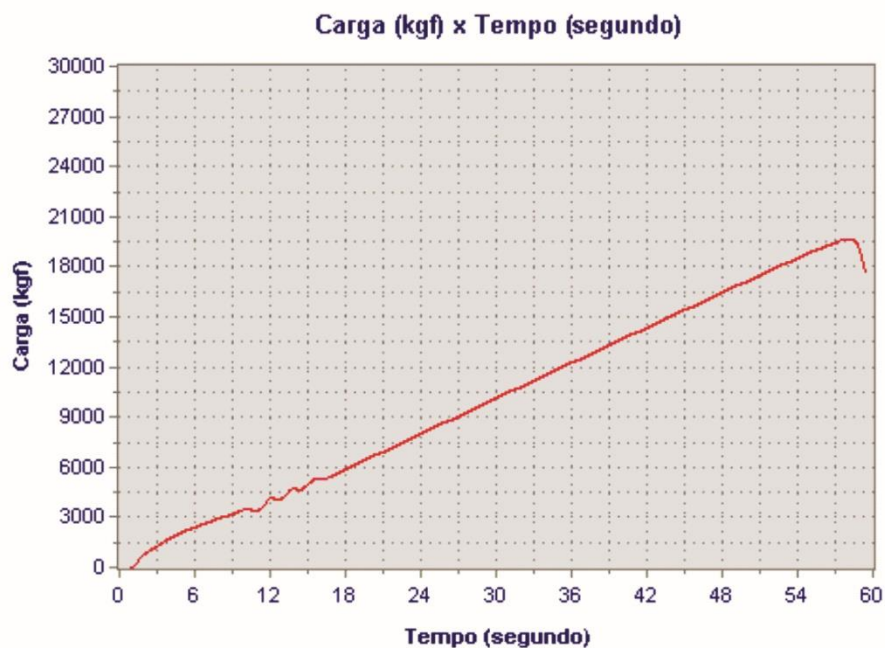
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 28/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 19.600  
Tensão máxima (MPa): 24,5  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 02**

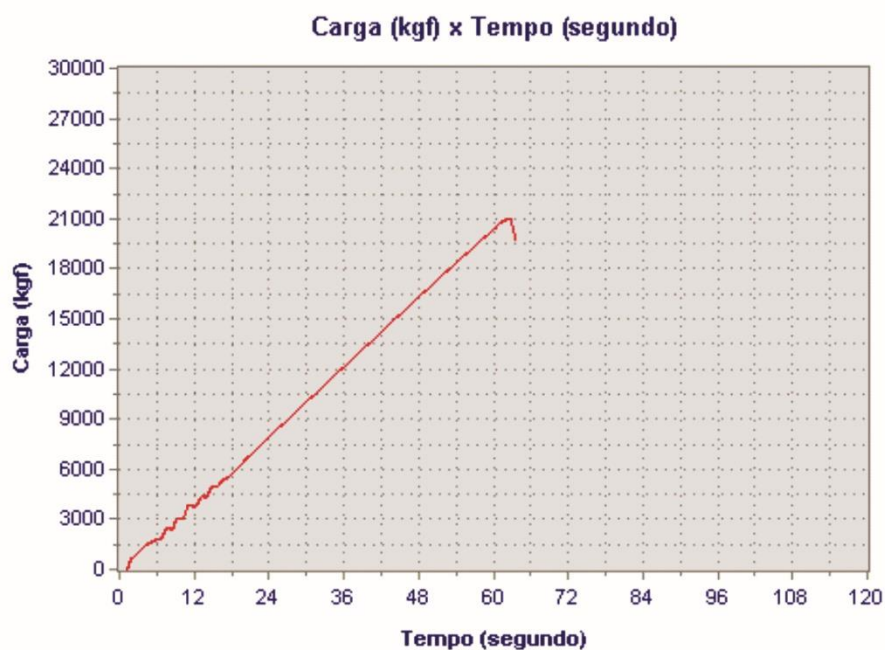
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 28/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 20.940  
Tensão máxima (MPa): 26,1  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Concreteira 03**

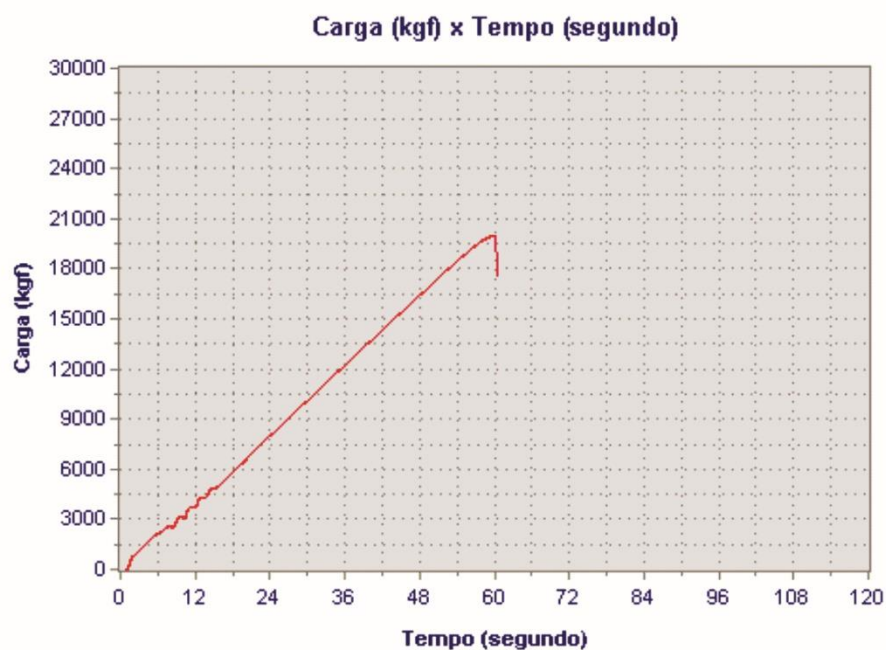
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 28/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 19.910  
Tensão máxima (MPa): 24,9  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 01**

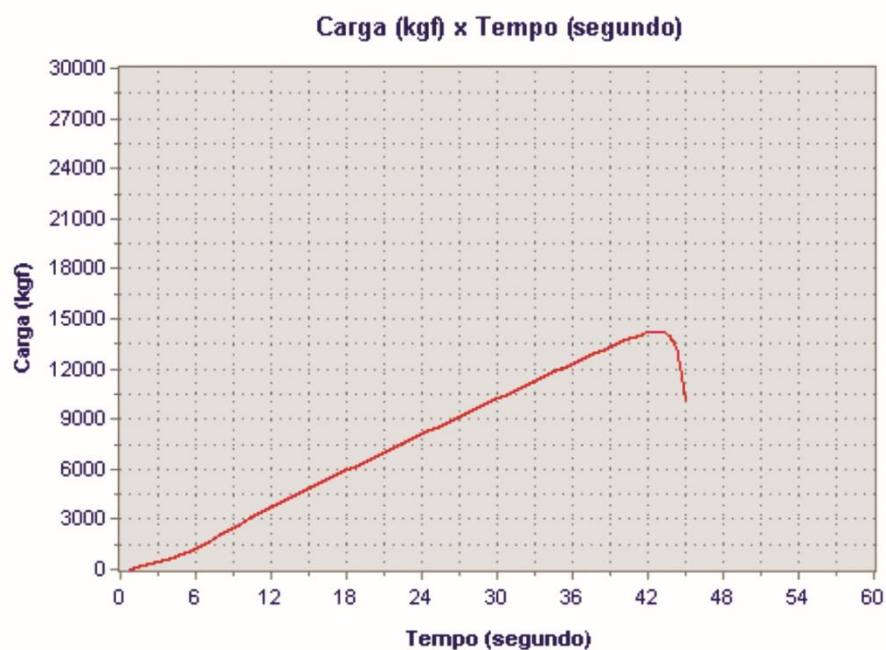
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 28/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 14.240  
 Tensão máxima (MPa): 17,8  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 02**

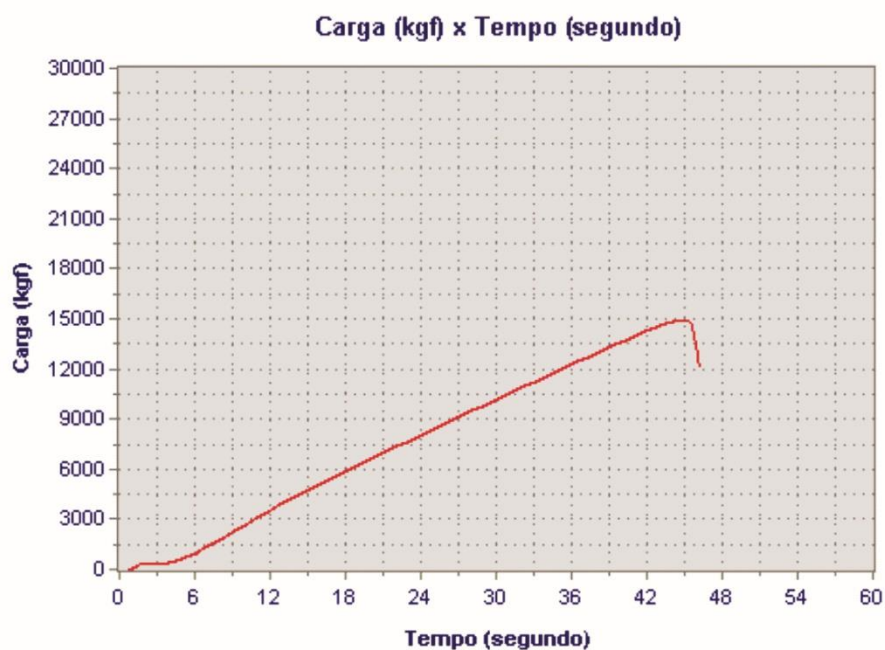
**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
Tipo de ensaio: Compressão Axial  
Cliente: Evandro  
Responsável: Wesley  
Data de Moldagem: 28/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 14.940  
Tensão máxima (MPa): 18,7  
Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**





**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado**  
**Corpo de Prova - Obra 03**

**Dados Cadastrais**

Amostra: TCC Evandro  
 Tipo de ensaio: Compressão Axial  
 Cliente: Evandro  
 Responsável: Wesley  
 Data de Moldagem: 28/08/2017

**Resultado do ensaio**

Carga máxima (kgf): 15.150  
 Tensão máxima (MPa): 18,9  
 Tipo de Ruptura:

**Gráfico do ensaio realizado**

