

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL  
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**GABRIEL HENRIQUE PLACIDES CARVALHO**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO EM OBRAS  
DE PEQUENO PORTE NA CIDADE DE SÃO JOÃO DO ORIENTE - MG**

**CARATINGA - MG**

**2019**

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL  
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**GABRIEL HENRIQUE PLACIDES CARVALHO**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO EM OBRAS  
DE PEQUENO PORTE NA CIDADE DE SÃO JOÃO DO ORIENTE - MG**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia civil e Instituto Ensinar Brasil  
de Caratinga, como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil.**

**Área de Concentração: construção civil em  
concreto.**

**Orientador: Prof. Sidinei Silva Araújo.**

**CARATINGA – MG**

**2019**

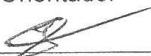
**TERMO DE APROVAÇÃO**

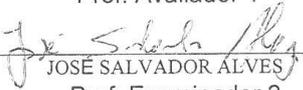
O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: NANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO EM OBRAS DE PEQUENO PORTE NA CIDADE DE SÃO JOÃO DO ORIENTE - MG, elaborado pelo(s) aluno(s) GABRIEL HENRIQUE PLACIDES CARVALHO e foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

**BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

Caratinga 06/12/2019

  
\_\_\_\_\_  
SIDINEI SILVA ARAÚJO  
Prof. Orientador

  
\_\_\_\_\_  
JOSÉ NELSON VIEIRA DA ROCHA  
Prof. Avaliador 1

  
\_\_\_\_\_  
JOSÉ SALVADOR ALVES  
Prof. Examinador 2

## EPÍGRAFE

*Só sei que nada sei por completo  
Só sei que nada sei que só eu saiba  
Só sei que nada sei que eu não possa ainda vir a  
saber.*

*(Mário Sergio Cortella)*

## **AGRADECIMENTOS**

Nenhuma batalha se vence só, agradeço a todos que ajudaram direta e indiretamente para mais esta conquista.

Aos meus pais Adirson Carvalho e Maria da Consolação Placides por terem dedicado seu tempo, paciência e dinheiro, e por serem compreensivos durante toda esta caminhada.

A toda minha família, por ter me incentivado e ajudado.

Ao Engenheiro Rodrigo Miranda, que vejo de forma motivadora como exemplo de profissional e sempre esteve disposto a me ajudar com grande empatia.

Ao meu orientador Sidinei Silva que disponibilizou seu tempo e sabedoria.

A todos os professores da rede DOCTUM no qual me ajudaram a alcançar este objetivo.

A minha namorada Daniela Gonçalves que me estimulou durante todo o tempo e compreendeu minha ausência pelo tempo dedicado aos estudos

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% - PORCENTAGEM

°C – Grau celsius

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANM - Agência Nacional de Mineração

CM - Centímetro

CP – Cimento Portland

D - Diâmetro

EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

F – Força máxima

FC – Resistência à compressão

FCK - Resistência característica à compressão

IBRACON - Instituto dos Auditores Independentes do Brasil

IME – Instituto Militar de Engenharia

KG - Quilogramas

KM- Quilometro

M - Metro

M<sup>2</sup> - Metro quadrado

M<sup>3</sup> - Metro cubico

M<sup>3</sup>- Metro cubico

MM - Milímetro

MM - milímetros

MPA - Mega pascal

N - Newtons

N° - Numero

NBR- Norma Brasileira Regulamentadora

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Tipos de ruptura de corpos de prova cilíndrico.....	23
Figura 2: Adensamento manual, obra 1.....	28
Figura 3: Prensa manual utilizada para o ensaio.....	29
Figura 4: Comparação entre corpos de prova 3B e 4B.....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais propriedades do concreto influenciadas pelas características do agregado.....	16
Tabela 2 - Número de camadas para moldagem dos corpos de prova.....	21
Tabela 3 - Cargas de ruptura da obra número 1.....	31
Tabela 4 - Cargas de ruptura da obra número 2.....	32
Tabela 5 - Cargas de ruptura da obra número 3.....	33
Tabela 6 - Cargas de ruptura da obra número 4.....	35

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico – 1 Variação da resistência.....	36
Gráfico – 2 Média da resistência dos corpos de prova.....	37
Gráfico – 3 Discrepância de resultados com e sem controle tecnológico..	38
Gráfico – 4 Comparação da resistência obtida em porcentagem.....	38

## RESUMO

Devido à alta competitividade no mercado, são privilegiados os profissionais que possuem os melhores preços, é neste ponto onde muitos abrem mão da qualidade para reduzirem os custos em diversas partes da obra incluindo nos elementos estruturais como o concreto, que é o material construtivo mais consumido no mundo e está presente na maioria das obras incluindo as de pequeno porte. Apesar da sua popularidade muitas vezes seu controle de qualidade é inexistente o que provoca frustrações futuras, sendo vários os indicativos de qualidade, a resistência à compressão é a principal, pois é a parte estrutural que garante a durabilidade e o bom funcionamento. É neste contexto que o trabalho foi elaborado, com a finalidade de verificar a falta de qualidade quanto à compressão em concretos produzidos manualmente em obras de pequeno porte, para isto fez-se um estudo de caso com obras reais onde foram moldados corpos de prova e realizado o ensaio de compressão axial para verificar a qualidade e ressaltar problemas que poderão acometer a estrutura devido a ineficiência do concreto. Os resultados encontrados indicam grande diferença de resistência se comparados com a norma e com o especificado pelo engenheiro.

**Palavras chave:** Qualidade, obras de pequeno porte, resistência à compressão.

## **ABSTRACT**

Due to the high competitiveness in the market, the professionals who have the best prices are privileged, this is where many give up quality to reduce costs in various parts of the work including structural elements such as concrete, which is the most consumed building material in the world, and is present in most works including small works. Despite its popularity often its quality control is nonexistent which causes future frustrations, being several indicatives of quality, the compressive strength is the main one because it is the structural part that guarantees the durability and the good functioning. It is in this context that the work was elaborated, with the purpose of proving the lack of quality in the compression in manually produced concrete in small works, for this it was made a case study with real works where specimens were molded and realized. the axial compression test to check the quality and highlight problems that may affect the structure due to concrete inefficiency.

**Keywords:** Quality, small works, compressive strength.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>12</b>
1.1.1 Objetivo geral.....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Concreto, componentes e classificação adotada.....</b>	<b>13</b>
2.1.1 Concreto de cimento Portland.....	13
2.1.2 Controle de qualidade do concreto .....	14
<b>2.2 Agregados.....</b>	<b>15</b>
2.2.1 Influência dos agregados nas propriedades do concreto.....	16
2.2.2 Agregado graúdo.....	16
2.2.3 Agregado miúdo .....	17
<b>2.3 Relação água cimento.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4 Resistência à compressão.....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Obras de pequeno porte.....</b>	<b>19</b>
<b>2.6 Ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos...</b>	<b>20</b>
2.6.1 Moldagem dos corpos de prova.....	20
2.6.2 Fase de cura.....	21
2.6.3 Preparo dos corpos de prova.....	22
2.6.4 Rompimento de corpos de prova .....	22
2.6.5 Tipos de ruptura de corpos de prova.....	23
2.6.6 Cálculo da resistência à compressão.....	23
<b>2.7 Possíveis impactos de um concreto inadequado.....</b>	<b>24</b>
2.7.1 Gradientes de pressão.....	24
2.7.2 Trincas e fissuras.....	25
2.7.2.1 <i>Trincas</i> .....	25
2.7.2.2 <i>Fissuras</i> .....	26
2.7.3 Corrosão de armaduras.....	26
2.7.4 Exsudação.....	26
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 Moldagem e cura dos corpos de prova.....</b>	<b>28</b>

<b>3.2 Adensamento.....</b>	<b>28</b>
<b>3.3 Manuseio e transporte.....</b>	<b>29</b>
<b>3.4 Ensaio de compressão.....</b>	<b>29</b>
<b>4 ESTUDOS DE CASO.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Estudo de caso 1.....</b>	<b>30</b>
4.1.1 Descrição da edificação.....	30
4.1.2 Realização do ensaio.....	31
<b>4.2 Estudo de caso 2.....</b>	<b>31</b>
4.2.1 Descrição da edificação.....	32
4.2.2 Realização do ensaio.....	32
<b>4.3 Estudo de caso 3.....</b>	<b>33</b>
4.3.1 Descrição da edificação.....	33
4.3.2 Realização do ensaio.....	33
<b>4.4 Estudo de caso 4.....</b>	<b>34</b>
4.4.1 Descrição da edificação.....	34
4.4.2 Realização do ensaio.....	34
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>40</b>
<b>7 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	
<b>ANEXO 1 - ESTUDO DE CASO DA OBRA 1</b>	
<b>ANEXO 2 - ESTUDO DE CASO DA OBRA 2</b>	
<b>ANEXO 3 - ESTUDO DE CASO DA OBRA 3</b>	
<b>ANEXO 4 - ESTUDO DE CASO DA OBRA 4</b>	

## 1 INTRODUÇÃO

A cidade de São João do Oriente possui cerca de 7500 habitantes, localizada no estado de Minas Gerais tem como municípios vizinhos Inhapim, Dom Cavati, Iapu e Sobrália, por se tratar de uma cidade pequena, tem como a maioria das obras também de pequeno porte, logo fez-se o estudo direcionado a estes modelos de construções. Se tratando do concreto em obras de pequeno porte geralmente opta-se por misturas realizadas de maneira manual, seja por facilidade ou devido ao preço reduzido, tais procedimentos muitas vezes não possuem a tecnologia necessária e nem o acompanhamento por profissionais capacitados, fato este que gera divergência quanto a qualidade da mistura e sua efetividade.

Em meio a tantas novidades no mercado da construção, o concreto é alvo de diversas pesquisas, as quais visam melhorar as características da mistura, pesquisas sobre a adição de diversos componentes ao concreto tais como resíduos cerâmicos, (SALES E ALFERES FILHO, 2014), sílica ativa (POSSAN, 2004) entre outros, porém em meio a tantas novidades temas como o melhor uso do concreto convencional não soam com tanta repercussão.

Em um mercado altamente competitivo o engenheiro civil tem como uma de suas principais missões reduzir custos de maneira efetiva, onde algumas vezes a economia demasiada pode gerar impactos negativos na obra, o que pode acontecer quando se opta por um concreto misturado de forma manual ao concreto usinado, onde o primeiro conta com um escasso controle de qualidade quando existe.

Esta pesquisa visa analisar as características quanto à compressão do concreto em obras de pequeno porte, com mistura dosadas e misturadas manualmente. Para classificar as obras como pequeno porte, utilizou-se os critérios de Libânio Pinheiro, no qual estão listados no corpo do trabalho.

Nos seguintes capítulos serão apresentadas informações relevantes ao tema como a importância dos agregados, relação água cimento, detalhes e procedimentos realizados, ensaios laboratoriais, análise dos resultados e uma comparação entre a resistência requerida no projeto e a resistência nos corpos de prova bem como os impactos que poderão ser causados devido à falta de qualidade da mistura.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo geral

Analisar a resistência à compressão do concreto dosado de forma manual e misturado em betoneira, em obras de pequeno porte, comparando-o com o especificado no projeto e em norma.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- a) Salientar a importância do controle de dosagem dos agregados no concreto;
- b) Comparar a resistência obtida nos corpos de prova com a resistência requerida no projeto;
- c) Analisar possíveis impactos causados pela má qualidade do concreto;
- d) Verificar a diferença de resistência entre projeto, e obra real;
- e) Listar a dosagem usada nas diversas obras.

## **1.2 Justificativa**

Para se resolver um problema é necessário conhecê-lo, o Engenheiro Civil tem um papel importante em relação a este tema, visto que é o encarregado de calcular e recuperar estruturas de concreto degradadas. Sendo o concreto o material construtivo mais consumido no mundo, logo faz-se necessário buscar conhecimento e realizar estudos visando conhecer suas propriedades e a maneira na qual ele vem sendo usado nas obras atuais, sendo de pequeno ou de grande porte.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Concreto, componentes e classificação adotada

Nos itens a seguir serão descritos conceitos importantes defendidos por grandes pesquisadores da área, no qual se farão necessários para a compreensão da pesquisa, a relação água cimento é um exemplo de tema amplamente estudado ao longo da história do concreto.

Atualmente o concreto se constitui como o material construtivo mais usado no mundo, possuindo uma longa história de evolução ao longo dos anos, tem como seus principais pioneiros Lambot e Joseph Monier, no qual foram os principais responsáveis por difundir sua utilização em diversos meios, variando de vasos para jardinagem a reservatórios de água, ambos usando o mesmo princípio, a adição da malha de aço para aumentar a resistência (KAEFER, 1998).

#### 2.1.1 Concreto de cimento Portland

O concreto de cimento Portland é o material mais importante nos modelos de construções atuais, com sua descoberta no fim do século XIX vieram com ele grandes avanços nos modelos de arquitetura, a mistura se tornou cada vez mais popular e tecnológica, sendo empregada em praticamente todas as construções civis contemporâneas (HELENE E ANDRADE, 2010).

A mistura simples é feita a partir da junção da brita, areia, água e cimento, onde podem ser misturados através de betoneiras, caminhões próprios ou de maneira manual que é usual em obras de pequeno porte. A junção do cimento com água forma uma pasta fluida que envolve as partículas de agregado juntando os elementos e se solidificando em um processo químico irreversível. Em sua composição além dos itens descritos a mistura poderá conter aditivos minerais, que estão se popularizando devido ao aumento da eficiência do concreto (LIBÂNIO, 2007).

Na antiguidade o concreto simples era amplamente usado em rodovias no império romano, ainda primitivo e com pouco controle de qualidade a mistura era obtida através da junção da cal hidratada com argila pozolânica sendo a pozolana um dos componentes do cimento, devido à riqueza de silicatos, embora com boa

durabilidade a resistência era mínima comparada ao concreto de hoje (HELENE E ANDRADE, 2010).

Diversas são as variantes do concreto, tendo para cada obra uma mistura que melhor se adéqua de acordo com a solicitação da estrutura e orçamento do proprietário. Dentre os principais fatores que influenciam o concreto, segundo a ABNT NBR 5738 2015, podemos citar a resistência. Denominado “dosagem experimental do concreto”, é nesta fase que os constituintes e resistência da mistura são estabelecidos, bem como a proporção de cada um. Na literatura existem diversas pesquisas acerca do assunto, porém o método adotado pelo instituto dos Auditores Independentes do Brasil - IBRACON é o mais difundido no Brasil (HELENE E ANDRADE, 2010).

Segundo o IBRACON (2011), dentre os diversos autores o método proposto por Petrucci (1965), que posteriormente foi aprimorado por outros pesquisadores da área, se destaca por ser versátil e oferecer respostas precisas; o método atualizado busca obter o comportamento mecânico baseando em teoria experimental, que como sugere, é feito através de duas etapas, a teoria realizada a partir de cálculos baseada em leis de comportamento do concreto e a fase experimental realizada em laboratório. O método proposto considera a relação água cimento como uma das mais importantes para se obter uma mistura de qualidade, tendo como parâmetro uma mistura que busca utilizar o mínimo de água para se obter o abatimento requerido, considerando características do agregado tais como sua umidade.

### 2.1.2 Controle de qualidade do concreto

Segundo Recena (2011) o conceito de qualidade do concreto é de certa forma subjetiva, não existindo uma mistura padrão denominada boa ou ruim, existindo apenas a mistura adequada para cada obra, porém alguns parâmetros são regidos por normas na qual especificam itens como resistência mínima. Características como a trabalhabilidade, resistência mecânica, durabilidade e emprego de aditivos também são relacionados com a finalidade da obra, o que torna possível moldar a mistura de acordo com a necessidade.

Para Picchi (1993) diversos problemas de qualidade em obras de engenharia poderiam ser evitados caso houvesse uma política de organização e fiscalização mais precisa, com foco em qualidade independentemente do tamanho da obra, uma vez

que a cultura predominante é a de um trabalho rápido e com baixo custo em detrimento da qualidade.

Lima descreve em seu livro: “Qualidade se entende como o estado de um conjunto de atributos do empreendimento com relação a um determinado referencial, imposto no processo de planejamento para o seu desenvolvimento [...]” (LIMA, 1995 p. 11). Segundo o autor, buscando o limite na produção e reduzir custos, muitas vezes conceitos de qualidade acabam sendo colocados em segundo plano, onde o fator de peso deveria ser produzir de maneira mais barata um produto com a mesma qualidade, ele também cita o bom planejamento como um importante item a fim de alcançar o objetivo, onde desvios de projetos incluindo na qualidade do concreto interferem na qualidade final.

Se tratando do concreto, a qualidade da mistura é determinada através de ensaios, sendo um dos principais o ensaio de resistência à compressão, onde são executados testes em laboratório a fim de garantir que o concreto obteve a resistência e trabalhabilidade desejada depois da fase de cura (LIBÂNIO, 2007).

O concreto apesar de ser uma mistura acessível deve ser preparado com doses previamente calculadas. Para se obter um concreto com qualidade satisfatória deve se levar em conta a qualidade dos agregados. A relação água cimento é uma parte crucial na qualidade, bem como a qualidade da água, que raramente é analisada onde seguem a velha regra “Se você pode beber, pode usá-lo no concreto” (MINDESS, 2008, p. 12), porém é mais comum ver concretos ruins com água potável ao ver concretos bons, com água não potável em quantidades certas (MINDESS, 2008).

## **2.2 Agregados**

Segundo a ABNT NBR 7211 2009 o termo agregado é usado para definir componentes de origem mineral adicionadas na mistura do concreto, geralmente em misturas mais simples, agregados se referem ao agregado graúdo brita e miúdo areia, podendo haver mais de dois agregados desde que seja comprovada sua efetividade.

Para que as obras acompanhem os avanços da tecnologia, é essencial conhecermos bem os agregados que são comumente usados, pois ainda hoje muitas das propriedades e seu desempenho ainda não são inteiramente entendidos (MARK E MINDESS, 2005).

### 2.2.1 Influência dos agregados nas propriedades do concreto

A Agência Nacional de Mineração – ANM, descreve em seu relatório Balanço Mineral Brasileiro – agregados para construção Civil (2001), algumas das principais propriedades dos agregados que deverão ser observadas em projeto a fim de garantir a qualidade quanto a algumas propriedades, como são os casos a descritos na tabela 1.

TABELA 1 – Principais propriedades do concreto influenciadas pelas características do agregado

Propriedades do Concreto	Características Relevantes do Agregado
Resistência mecânica	Textura superficial Limpeza Forma dos grãos Dimensão máxima
Retração	Massa específica Forma dos grãos Granulometria Dimensão máxima
Massa unitária	Massa específica Forma dos grãos Granulometria Dimensão máxima
Resistência à derrapagem	Tendência ao polimento
Economia	Forma dos grãos Granulometria Dimensão máxima Beneficiamento requerido Disponibilidade

Fonte: Mendes Fernando (2001)

### 2.2.2 Agregado graúdo

Segundo a ABNT NBR 7211 2009, agregado graúdo são os grãos que passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75mm. Geralmente produzidos através da trituração e esmagamento de pedregulhos maiores, algumas vezes os pedregulhos poderão ser substituídos por escória de alto forno, no qual oferece propriedades semelhantes.

O concreto convencional utiliza em média, por metro cúbico, cerca de 42% de agregado graúdo, 40% de areia, 10% de cimento, 7% de água e 1% de aditivos

dependendo da solicitação, representando aproximadamente 75% do volume do concreto, as propriedades dos agregados são reproduzidas na mistura final, por este motivo os agregados devem ser analisados no projeto pois influenciam diretamente na qualidade (MINDESS, 2008).

Países industrializados possuem um consumo médio de agregado em torno de 5000 quilogramas - KG a 8000 KG por habitante, valores que já chegaram a picos históricos de 15 000 kg por habitante; segundo o Serviço Geológico dos Estados Unidos- USGS entre 1900 a 1995 o consumo de materiais de construção cresceu 35% (VALVERDE, 2001). Devido ao alto consumo, algumas pesquisas alertam para o aumento crescente do uso da brita, pois é um recurso finito e defende a ideia de fontes alternativas que deverão ser exploradas a fim de resguardar agregados de maiores qualidades para concreto de alto desempenho, a partir daí tem-se a preferência por materiais reciclados e ecologicamente corretos, onde mesmo apresentando qualidade inferior poderão substituir britas em obras comuns (MARK E MINDESS, 2005).

### 2.2.3 Agregado miúdo

Segundo a ABNT NBR 7211 2009, considerando areia como agregados miúdos ela não deverá exceder o tamanho de 0,6 milímetros- MM, sendo dividida em areia fina, (0,06 MM e 0,2 MM), areia media (entre 0,2 MM e 0,6MM) e areia grossa (entre 0,6 MM e 2,0 MM). São obtidos através de diversas fontes, é recomendado que estas fontes estejam o mais próximo possível da obra, podendo assim reduzir o valor do transporte (MARK E MINDESS, 2005).

Segundo Cuchierato (2017) os agregados miúdos são formados em sua maioria por minerais provenientes de diversas origens, são as substâncias minerais mais consumidas no mundo, possuindo assim uma fatia econômica considerável. A mineração no geral é considerada um fator básico da economia brasileira, o consumo é usado como indicador econômico e social de países, porém o uso excessivo de materiais provenientes da mineração impacta de forma negativa o meio ambiente, o extrativismo mineral não só prejudica de forma direta como indireta. Visando minimizar os danos existe um crescente aumento do interesse em materiais alternativos para uso como agregados da construção civil.

## 2.3 Relação água cimento

A partir de 1920 a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP como grande responsável pelo início das pesquisas no Brasil apresentou grandes avanços na área da engenharia nacional, iniciando a produção brasileira de cimentos Portland, tendo como diretor o professor Ary Frederico Torres, que em 1927 publicou o primeiro boletim EPUSP, intitulado “Dosagem dos Concretos” que possuía elementos propostos por Ferét e Abrams (IBRACON, 2011).

René Ferét (1986) é considerado o primeiro a publicar um estudo científico sobre proporção dos materiais de forma racional e sistemática, em seu laboratório na França (1968), Ferét desenvolveu uma parábola para sistematizar a relação entre resistência à compressão, volume de água e ar (HELENE E ANDRADE, 2010).

Reval Power (1966) também foi um dos pioneiros no estudo da relação água cimento na mistura do concreto, em suas pesquisas ele defendia a ideia de que grandezas como a resistência à compressão dependiam somente da relação água/cimento, sendo capaz de elevar a resistência apenas modificando a hidratação da mistura ou a quantidade de cimento (IBRACON, 2011).

## 3.4 Resistência à compressão

A resistência à compressão é a capacidade de suportar uma carga, ela está ligada diretamente ao projeto sendo um dos fatores de segurança da estrutura. Denominada compressão simples (FC) e resistência característica à compressão (FCK), são medidas utilizadas para descrever características do concreto, tal como a resistência adquirida pela mistura após a fase de cura (LIBÂNIO, 2007).

A resistência à compressão é a característica mais explorada dentre as diversas propriedades do concreto. Para se obter a resistência desejada deve-se levar em conta a dosagem dos agregados e a relação água cimento, sendo o FCK um parâmetro sensível onde qualquer variação de qualquer um dos elementos interferirá na resistência final (HELENE, 1986).

Dado em mega pascal – MPA, variando de 20 MPA na qual é a resistência mínima definida pela ABNT NBR 6118 2014 a valores superiores conforme a solicitação desejada.

O concreto pode parecer uma mistura simples, porém exige precisão na dosagem dos agregados, pois os silicatos de cálcio que são os principais responsáveis pela resistência do concreto podem causar danos se estiverem em excesso, uma mudança relativamente pequena nas proporções pode-se provocar mudanças relativamente grandes nas proporções relativas dos principais compostos da mistura (CARINO, 1997).

Para se obter um concreto com as características desejadas é necessário efetividade em todas as etapas. Dentre elas, Libânio (2007) destaca as que mais influenciam;

- a) Tipo e quantidade de cimento;
- b) Qualidade da água e relação água-cimento;
- c) Tipos de agregados, granulometria e relação agregado-cimento;
- d) Presença de aditivos e adições;
- e) Procedimento e duração da mistura;
- f) Condições e duração de transporte e de lançamento;
- g) Condições de adensamento e de cura;
- h) Forma e dimensões dos corpos-de-prova;
- i) Tipo e duração do carregamento;
- j) Idade do concreto; umidade; temperatura etc.

A resistência é verificada através do ensaio de compressão que tem como principal função determinar a relação entre a tensão e a deformação. O ensaio é regido pelas normas ABNT NBR 5738 2015 - Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto, ABNT NBR 5739 2018 – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico, tais procedimentos deverão seguir corretamente as recomendações para garantir a efetividade do ensaio.

## **2.5 Obras de pequeno porte**

Usando os critérios de Libânio (2007) para ser definida como obra de pequeno porte a construção deverá atender além de aspectos visuais, se estendendo também a elementos estruturais como: Estrutura simples, não possuir mais de quatro

pavimentos, ausência de pro-tensão, pilares até 4m, vãos menores que 6m, vãos máximos de lajes até 4m ou 2m no caso de balanços.

Em obras de pequeno porte, é comum se optar por uma mistura de concreto feita de forma manual no próprio canteiro buscando reduzir custos, porém na maioria das vezes a mistura é dosada de acordo com costumes locais e experiência do pedreiro, sem o acompanhamento técnico necessário nem preocupações em atender normas de segurança, logo não contará com um controle de qualidade, diferindo do concreto usinado, que já vem com as características solicitadas (RICCI, PEREIRA, E AKASAKI, 2017).

Não se trata apenas de economia, abrir mão do responsável técnico em uma construção, mesmo que de pequeno porte, é abrir mão da segurança além de infringir a lei nº 6.138, de 26 de abril de 2018, seção II, Art. 15, inciso II que descreve como obrigatório apresentar o registro de responsabilidade técnica para a obtenção do alvará de construção, registro este que ainda é esclarecido pela seção III, artigo 16, que descreve: “Responsáveis técnicos são os profissionais legalmente habilitados a projetar, construir, calcular, executar serviços técnicos, orientar e se responsabilizar tecnicamente por obras e edificações.” (BRASIL, 2018), portanto, independentemente do tamanho da obra, o responsável técnico é fundamental.

## **2.6 Ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos**

A ABNT NBR 5739 2018 ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos define o ensaio como um método para calcular a resistência do corpo de prova através da divisão da carga de ruptura pela área da seção transversal do corpo de prova, sendo necessário relatar informações como idade e tipo de ruptura ocorrida em cada amostra, cônica, bipartida, cônica e cisalhada, cisalhada ou colunar (NBR 5739 2018).

### **2.6.1 Moldagem dos corpos de prova**

De acordo com a ABNT NBR 5738 2015 Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, os moldes podem ser cilíndricos ou prismáticos, sendo os cilíndricos com altura igual ao dobro do diâmetro, podendo ter 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm de diâmetro (ABNT NBR 5738 2015).

Para a moldagem uma porção de concreto deverá ser colocada em um molde feito de material impermeável, o preenchimento do molde deverá ser realizado de forma simétrica, sendo dividido em camadas iguais, de acordo com a tabela 2, em seguida para cada camada deverá ser feito o adensamento através de uma haste ou de vibrador, a haste deverá ser de aço em formato cilíndrico de 16 a 0,2 mm de diâmetro e de 600 a 800 mm de comprimento, o número de golpes varia de acordo com o tipo do corpo de prova, dimensão e tipo de adensamento, como descrito na tabela 2 (ABNT NBR 5738 2015).

TABELA 2 – 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
	450b	3	–	–

Fonte: ABNT NBR 5738 Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova 2015

Antes de realizar os golpes na segunda camada é recomendado bater levemente sobre a lateral para eliminar eventuais vazios, também é necessário que o concreto esteja ultrapassando a linha da superfície do molde, pois ao aplicar os golpes ocorrerá o adensamento, logo o concreto irá abaixar o nível, e neste momento, com auxílio de uma colher de pedreiro, deverá ser feito um acabamento superficial a fim de nivelar a superfície, sendo que de maneira alguma poderá ser colocado o concreto depois do adensamento da segunda camada (ABNT NBR 5738 2015).

#### 2.6.2 Fase de cura

Após a moldagem os corpos de prova deverão ser armazenados em local nivelado, livre de intempéries e evitar quaisquer procedimentos que poderão abalar o concreto durante as próximas 24 horas para a cura inicial, após este tempo os moldes deverão ser desenformados, identificados e colocados em solução saturada de

hidróxido de cálcio a  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  ou em câmara úmida à temperatura de  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  e umidade do ar superior a 95%, onde vão ser mantidas em repouso durante os próximos 28 dias ou mais, desde que constem no relatório (ABNT NBR 5738 2015).

### 2.6.3 Preparo dos corpos de prova

Após a fase de cura os moldes deverão ser retirados do tanque e ter as superfícies preparadas para o ensaio de modo a nivelar o eixo longitudinal do corpo de prova, este preparo deverá ser feito por retificação ou capeamento (ABNT NBR 5738 2015).

Retificação é o processo mecânico onde é retirada uma fina camada da amostra para tornar a superfície ainda mais lisa e plana, o capeamento também é um procedimento com intuito de regular a superfície, é um revestimento que pode ser aplicado nas superfícies dos moldes. Tal revestimento não poderá reagir com concreto e deverá atender as seguintes solicitações, conforme ABNT NBR 5738 2015: “Aderência ao corpo de prova, compatibilidade química com o concreto, fluidez no momento de sua aplicação, acabamento liso e plano após endurecimento, resistência à compressão compatível com valores normalmente obtidos em concreto” (ABNT NBR 5738 2015).

### 2.6.4 Rompimento de corpos de prova

Segundo a ABNT NBR 5739 2018 após o preparo das superfícies os corpos de prova deverão ser levados ao laboratório, onde deve ser retirado o excesso de água e alguma impureza que possa estar presente. Posteriormente as amostras deverão ser colocadas na prensa, com extremo cuidado na centralização do corpo de prova com o círculo de posicionamento presente na máquina (ABNT NBR 5739 2018).

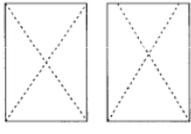
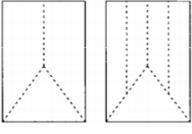
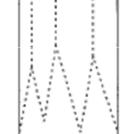
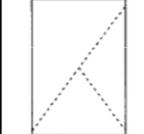
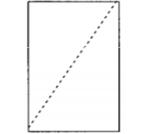
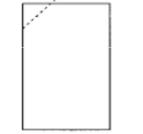
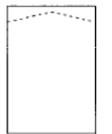
Na parte superior do aparelho é possível observar, através do indicador, a carga aplicada no corpo de prova, este mesmo indicador deverá ser observado com atenção pois no momento da ruptura a prensa irá indicar uma queda de força. A ruptura poderá ocorrer de maneira interna, podendo não ser visível na parte externa ou no ângulo de visão do espectador (ABNT NBR 5739 2018).

### 2.6.5 Tipos de ruptura de corpos de prova

Ao realizar o ensaio de compressão, além de obter a resistência do corpo de prova, é possível adquirir outras informações em relação ao concreto, como é o caso dos tipos de ruptura dos corpos de prova, não muito comentados, estes representam fatores importantes, onde muitos podem indicar a ineficiência do ensaio quanto à retificação das amostras, como é o caso quando se identifica a ruptura como de topo ou de pé (RESENDE, 2016).

Segundo o Instituto Militar de engenharia – IME, são variados os tipos de rupturas que podem ocorrer durante o ensaio conforme a figura 1. Se para mesma obra os corpos de prova apresentarem tipos de ruptura variados, estes deverão ser investigados pois poderão indicar defeitos na moldagem, ou no processo de retificação das amostras (ARAGÃO , 2012).

Figura 1 – Tipos de ruptura de corpos de prova cilíndrico

A	B	C	D	E	F	G
						
Cônica e cônica afastada 25mm do capeamento	Cônica e bipartida e cônica com mais de uma partição	Colunar com formação de cones	Cônica e cisalhada	Cisalhada	Fraturas no topo e ou na base, abaixo do capeamento	Fraturas próximas ao topo ou na base

Fonte: ARAGÃO , 2012

### 2.6.6 Cálculo da resistência à compressão

Segundo a ABNT NBR 5739 2018, a resistência à compressão é obtida através da equação 01:

$$FC = \frac{(4. F)}{(\pi. D^2)} \quad (01)$$

Onde as siglas representam respectivamente: FC- resistência à compressão (mega pascal), F- força máxima alcançada, expressa em newtons (N), D- diâmetro do corpo de prova expresso em milímetros (mm). O resultado obtido deverá ser apresentado em três algarismos (ABNT NBR 5739 2018).

## **2.7 Possíveis impactos de um concreto inadequado**

O concreto em seu estado inicial é uma mistura relativamente sensível, na qual possui uma série de restrições e cuidados durante o processo de início de pega. Ignorar algumas dessas recomendações poderá ser motivo de impactos futuros, bem como a inadequação do elemento estrutural no qual ele se aplica (HELENE P. R., 1986).

Os impactos de um concreto inadequado são variados, podendo vir logo após a desforma da estrutura, sendo os principais: gradientes de pressão, trincas, fissuras, corrosão de armadura, infiltrações e vazios na concretagem. Apesar de comuns estes problemas acarretam frustrações e comprometem o conforto e segurança dos usuários (OLIVEIRA SOUZA, OYAKAWA, E MARQUES BATISTA, 2014).

### **2.7.1 Gradientes de pressão**

Uma das principais causas internas de trincas e fissuras durante o período de construção é o surgimento de gradientes de pressão. Ocorrem através do excesso de água na mistura, pois durante o enrijecimento surgem poros provenientes da evaporação da água. A água em estado gasoso tenta escapar para fora da mistura e acaba encontrando obstáculos como uma partícula de agregado ou ferragem, se tornando um vazio, estes vazios possuem pressões variadas, este fenômeno é denominado gradientes de pressão, eles se alteram segundo a temperatura e clima provocando trincas durante o processo de dilatação (NEVES COSTA, DOMINGUES DE FIGUEIREDO E PIGNATTA E SILVA, 2002).

Segundo Campiteli (1987) gradientes de pressão podem ser causados por diversos fatores, como excesso de água na mistura, porosidade de agregados, deficiências na produção da mistura entre outros. Estes acontecimentos provocam uma série de defeitos, sendo alguns dos principais as fissuras, trincas e corrosões na armadura.

## 2.7.2 Trincas e fissuras

Segundo a revista *Téchne* (2010) trincas e fissuras são consideradas patologias e mesmo sendo facilmente confundidas não representam o mesmo problema, elas se definem de acordo com a abertura: fissuras e trincas indicam problemas estruturais ou de alvenaria, são causadas por elementos internos ou externos, podendo ser passiva ou ativa e ameaçar a segurança da edificação e o conforto dos usuários (CORSINI, 2010).

A ABNT NBR 9575 2010, trata sobre Impermeabilização seleção e projeto, na qual descreve a nomenclatura “fissura” apenas para deformações passivas, pois as ativas poderiam variar conforme a hora da medição, visto que algumas possuem variações devido à dilatação térmica ou possuem potencial de desenvolvimento (CORSINI, 2010).

### 2.7.2.1 Trincas

Há diferenciação entre trinca e fissura, embora não seja clara. Autores como Corsini (2010) a fazem pela medição da abertura, onde trincas atingem a estrutura interna, logo são mais profundas e prejudiciais, podendo levar à interdição da construção ou interdição cautelar de um determinado espaço (CORSINI, 2010).

Descobrir o motivo de uma trinca não é uma tarefa fácil, necessitando de uma investigação detalhada e grande conhecimento técnico, porém segundo Corsini (2010) podemos destacar as principais causas do surgimento como: atuação de tensões além da resistência do elemento estrutural, dilatação térmica, recalques diferenciais e material sem a resistência adequada. Há também elementos externos à obra, geralmente acidentais como impactos em colunas e catástrofes naturais como abalos sísmicos, furacões e enchentes. Seus impactos negativos são variados, dependendo do local onde ela surge, em lajes por exemplo, causam infiltrações: próxima a pilares, indicam sobrecarga: no geral, prejudicam a aparência da edificação causando desconforto dos usuários.

### 2.7.2.2 Fissuras

Diferente de trincas, fissuras são problemas de menor gravidade, mas não desprezível, geralmente são superficiais, ocorrem apenas na primeira camada de revestimento, prejudicam a aparência do edifício e podem ocasionar infiltrações, o que gera frustrações para os usuários e aumento da mão de obra em serviços de pinturas. Dentre as principais causas do surgimento das fissuras estão problemas na fundação, erros de execução da alvenaria e mau uso da edificação (CORSINI, 2010).

### 2.7.3 Corrosão de armaduras

A falta de conhecimento técnico afeta obras de diversas maneiras, culturalmente é comum associar a corrosão com o excesso de água, porém além deste é necessário uma série de outros detalhes para que o ocorra. A corrosão é uma transformação química ou eletroquímica. Para acometer a estrutura é necessário que haja uma corrente elétrica e a presença de oxigênio, portanto concretos totalmente saturados não possuem oxigênio suficiente para acontecer a corrosão e nem em misturas muito secas, pois não possuem eletrólitos, ela ocorre exclusivamente em uma pressão hidrostática superior a 0,015 MPA, ou seja, ela só é possível quando a corrente de corrosão conseguir causar a eletrólise da água e assim formar novas partículas de oxigênio (DO LAGO HELENE , 1993).

### 2.7.4 Exsudação

Sendo uma forma de segregação a exsudação é proveniente de diversas causas, sendo a principal o excesso de água na superfície de elementos de concreto já lançado e incapacidade de absorção dos agregados, o acúmulo da água leva consigo partículas minúsculas do cimento formando uma nata que gerará pó permanentemente, além deste, a superfície da nata, depois de enrijecida, será uma camada porosa e com pouca resistência ao desgaste, podendo vir a se desprender na forma de placas (NEVILLE, BROOKS E CREMONINI, 2013).

### 3 METODOLOGIA

A seguinte pesquisa possui uma abordagem descritiva e comparativa. Fundamentada na revisão bibliográfica, o trabalho avaliará a qualidade do concreto quanto a resistência a compressão, comparando os resultados com a recomendação quanto a resistência, contida na ABNT NBR 6118 2014 e a resistência descrita no projeto.

Durante todas as etapas do ensaio utilizaram-se os equipamentos fornecidos pela faculdade DOCTUM de Caratinga, tais como capacetes de proteção, formas para moldagem de corpos de prova, haste de adensamento, concha de seção U, câmara saturada e prensa hidráulica manual.

As edificações estudadas são consideradas de pequeno porte segundo os critérios de Libânio (2007), sendo escolhida devido ao porte e por contar com projeto especificando a resistência do concreto.

Informações como o local de aplicação do concreto, dosagem de agregados definida pelo engenheiro também foram anotadas com ressalva em relação a quantidade de água, que não foi feita de maneira precisa em nenhuma das obras, variando de acordo com a aparência da mistura.

Na pesquisa foram abordadas teorias que fundamentam a pesquisa, principais elementos que constituem o concreto, características relevantes, e os critérios adotados para classificação da obra como “obra de pequeno porte”. Também serão abordados possíveis impactos na obra provenientes da má execução e de dosagens irregulares dos componentes do concreto, tais como excesso de água e de agregados.

Para o quinto tópico foram moldados quatro corpos de prova por obra, somando 16 amostras, as quais foram identificadas pelo número correspondente de cada obra (de 1 ao 4) e uma letra para cada corpo de prova (A ao D). Foram realizados quatro estudos de caso em edifícios residenciais diferentes, sendo todas de concreto destinado a elementos estruturais, vigas baldrame, sapatas e colunas. Para a comparação foi realizado o ensaio de compressão, em seguida o cálculo para obtenção da resistência, e os resultados foram comparados com a resistência descrita no projeto e resistência mínima definida pela ABNT NBR 6118 2014.

No sexto e último tópico serão apresentadas as considerações finais e dados importantes observados ao longo do desenvolvimento.

### 3.1 Moldagem e cura dos corpos de prova

Seguindo a ABNT NBR 5738 2015, optou-se por corpos de prova cilíndrico em todas as obras devido a disponibilidade de equipamentos que são oferecidos pela faculdade DOCTUM de caratinga. Para se obter um resultado mais coerente, moldamos um corpo de prova para cada masseira de concreto com o traço definido previamente pelo engenheiro.

O tempo de cura foi de 28 dias, no qual foram armazenados em câmara úmida no laboratório da faculdade DOCTUM de Caratinga, mesmo local onde foi realizado o ensaio de compressão. Todos os moldes possuíam diâmetro de 10 centímetros por 20 centímetros de altura.

A moldagem dos corpos de prova seguiu os critérios da ABNT NBR 5738 2015. Os moldes foram untados com uma fina camada de óleo mineral para diminuir o atrito e facilitar a desforma dos moldes.

### 3.2 Adensamento

O adensamento foi realizado de forma manual por uma haste própria, onde o corpo de prova foi preenchido em duas camadas, em cada camada foram dados 12 golpes (ABNT NBR 5739 2018).

Para finalizar, após preencher a última camada os moldes ficaram com excesso de concreto, que abaixou durante o adensamento e foi dado o acabamento utilizando uma colher de pedreiro, logo após foram armazenados em local livre de intempéries onde repousou durante as primeiras 24 horas.

Figura 2: Adensamento manual, obra 1



Fonte: Autor (2019)

### 3.3 Manuseio e transporte

Após a moldagem dá-se início a fase de cura inicial de 24 horas conforme ABNT NBR 5739, os moldes foram armazenados em local livre de intempéries e em temperatura ambiente.

Após a fase de cura inicial de 24 horas os moldes foram desformados e transportados para a câmara úmida da faculdade DOCTUM de Caratinga onde ficarão até completar os 28 dias de cura. Para o transporte foi utilizada caixas de papelão sendo que para evitar danificar as extremidades e garantir que o corpo de prova não sofra trepidações e golpes, fez-se necessário a adição de peças de isopor e pó de serra nas laterais.

### 3.4 Ensaio de compressão

Após o tempo de cura a resistência definida pelo engenheiro era de 20 MPA para todas as obras, visto que este valor é a resistência mínima definida pela ABNT NBR 6118 2018. Todos os corpos de prova foram rompidos em laboratório da unidade em prensa hidráulica manual (figura 3). Durante o ensaio utilizamos pratos de aço no topo e na base do corpo de prova a fim de garantir uma absorção de carga distribuída na área da amostra.

Figura 3: Prensa manual utilizada para o ensaio



Fonte: Autor (2019)

## 4 ESTUDO DE CASO

De acordo com as teorias defendidas na revisão bibliográfica, neste tópico serão realizados o ensaio de compressão axial e o cálculo da resistência para todos os corpos de prova, com os resultados obtidos será feito uma média de resistência para cada obra na qual será comparada com o projeto e a norma.

Segundo as propostas da pesquisa foram feitos quatro estudos de caso, todos em edificações residenciais. Nos seguintes tópicos as obras serão identificadas e especificadas para posteriormente realizar o ensaio e analisar as diferenças da resistência à compressão dos corpos de prova em um prazo de 28 dias e o valor especificado no projeto.

### 4.1 Estudo de caso 1

Após definir e classificar a obra iniciou-se a prática do trabalho em campo. O concreto analisado tinha como objetivo o preenchimento de vigas localizadas na lateral e fachada da edificação para posteriormente receber as vigotas da próxima laje.

A dosagem era definida pelo engenheiro e medida em litros, porém o pedreiro optou por utilizar pás para a dosagem, na qual cada pá assegurava um volume de quatro litros. A mistura definida continha: 100 litros de areia, que era medida por 25 pás; 80 litros de brita contada por 20 pás; 1 saco de cimento de 50 kg; 42 litros de água medidos em três baldes e meio de 12 litros.

A mistura era preparada em betoneira e dosada de forma manual, as medidas eram usadas durante todas as etapas que necessitassem do concreto, porém a medição em pás como foi usada era pouco eficiente, pois uma porção do agregado medido sempre caía fora da betoneira durante o lançamento.

#### 4.1.1 Descrições da edificação

Para a primeira pesquisa foi escolhida uma obra com capacidade de suportar um andar térreo, primeiro pavimento e terraço, possuindo uma área total construída de 528,51m<sup>2</sup>, sendo 173,42m<sup>2</sup> para o térreo, 184,24 m<sup>2</sup> para o primeiro pavimento, 170,85m<sup>2</sup> para terraço.

#### 4.1.2 Realização do ensaio

Os corpos de prova da obra de número 1 foram moldados na data 04/10/2019, completando 28 dias de cura no dia primeiro de novembro, sendo que 24 horas antes as amostras da obra foram retiradas do local de cura e foram levadas para local seco e mantidas em temperatura ambiente, na qual foram mantidas até o momento do ensaio e rompidos em prensa hidráulica manual no dia primeiro de novembro. Os dados referentes à força máxima alcançada por cada corpo de prova são expressos na tabela 3.

TABELA 3 – Cargas de ruptura da obra número 1

Corpos de prova	Força máxima de ruptura (TNF)	Tipo de ruptura
Corpo de prova 1A	10,48	Cisalhada
Corpo de prova 1B	10,23	Cisalhada
Corpo de prova 1C	10,70	Cisalhada
Corpo de prova 1D	10,69	Cisalhada
Média para cálculo	10,525	

Fonte: Autor (2019)

Sendo uma tonelada força igual a 9806.65 newtons (N), através da multiplicação da média da força máxima de ruptura fez-se a conversão e em seguida inseriram-se os dados na equação (01):

Conversão de tonelada força para newtons:

$$10,525 \times 9806.65 \text{ N} = 103214.991 \text{ N}$$

$$f_c = \frac{4 \cdot 103214.991 \text{ N}}{\pi \cdot 100^2} = 13.141 \text{ MPA} \quad (01)$$

#### 4.2 Estudo de caso 2

Ainda na fase inicial da obra o concreto tinha como destino o preenchimento de vigas baldrame e sapata, a dosagem foi definida pelo engenheiro como 100 litros de areia medida por dois carrinhos de mão de 50 litros cada; 50 litros de brita 1, sendo medida por um carrinho de 50 litros; um saco de cimento CP-3 de 50 quilogramas. A

água não era especificada, pois era dosada de acordo com a aparência e experiência do pedreiro.

#### 4.2.1 Descrição da edificação

Para o segundo estudo foi escolhida uma obra com capacidade estrutural para térreo, primeiro pavimento e terraço, com área do lote de 99,44 m<sup>2</sup> possuindo uma área total construída de 230,63 m<sup>2</sup>, sendo 66,91 m<sup>2</sup> para o térreo, 81,86 m<sup>2</sup> para o primeiro pavimento, e 81,86m<sup>2</sup> para o terraço.

#### 4.2.2 Realização do ensaio

Os corpos de prova da obra de número 2 foram moldados na data 04/10/2019, mesmo dia da obra de número 1, a qual completou 28 dias no dia primeiro de novembro, dia em que foi realizado o ensaio, sendo que em 24 horas antes os corpos de prova foram retirados do local de cura e levados para local seco e temperatura ambiente. Os dados obtidos estão listados na tabela 4.

TABELA 4 – Cargas de ruptura da obra número 2

Corpos de prova	Força máxima de ruptura (TNF)	Tipo de ruptura
Corpo de prova 2A	5,98	Cisalhada
Corpo de prova 2B	6,23	Cisalhada
Corpo de prova 2C	5,48	Cisalhada
Corpo de prova 2D	4,70	Cisalhada
Media para cálculo	5.597	

Fonte: Autor (2019)

Conversão de tonelada força para newtons:

$$5.597 \times 9806.65 \text{ N} = 54887.82 \text{ N}$$

$$f_c = \frac{4 \cdot 54887.82}{\pi \cdot 100^2} = 6.988 \text{ MPA} \quad (01)$$

### 4.3 Estudo de caso 3

O concreto era destinado ao preenchimento de colunas do primeiro pavimento, a dosagem definida pelo engenheiro era 90 litros de areia, 90 litros de brita e um saco de cimento de 50 quilogramas, a dosagem de água era feita de acordo com a experiência do pedreiro e aparência da mistura.

#### 4.3.1 Descrição da edificação

A terceira obra possui capacidade estrutural para um pavimento, com a área do lote de 248,07 m<sup>2</sup> e 72,16 m<sup>2</sup> de área construída para o primeiro pavimento.

#### 4.3.2 Realização do ensaio

Os corpos de prova da obra de número 3 foram moldados na data 07/10/2019, a qual completaram 28 dias no dia quatro de novembro, dia em que foi realizado o ensaio, sendo que na manhã deste mesmo dia os corpos de prova foram retirados do local de cura e levados para local seco em temperatura ambiente na qual foram mantidas até o momento do ensaio e rompidos em prensa hidráulica manual no dia quatro de novembro. Os dados referentes à força máxima alcançada por cada corpo de prova são expressos na tabela 5.

TABELA 5 – Cargas de ruptura da obra número 3

Corpos de prova	Força máxima de ruptura (TNF)	Tipo de ruptura
Corpo de prova 3A	13,00	Cisalhada
Corpo de prova 3B	12,04	Cisalhada
Corpo de prova 3C	10,39	Cisalhada
Corpo de prova 3D	12,51	Cisalhada
Media para cálculo	11.985	

Fonte: Autor (2019)

Conversão de tonelada força para newtons:

$$11.985 \times 9806.65 \text{ N} = 117532.7 \text{ N}$$

(01)

$$f_c = \frac{4 \cdot 117532.7}{\pi \cdot 100^2} = 14,964 \text{ MPA}$$

#### 4.4 Estudo de caso 4

A dosagem do concreto não foi especificada pelo engenheiro, sendo confiada a experiência do pedreiro, o qual usou as seguintes medidas: 126 litros de areia; 144 litros de brita; 50 quilogramas de cimento; água conforme a aparência e a vontade do pedreiro.

Diferente das obras anteriores e da metodologia, nesta obra não foi possível colher um corpo de prova por masseira, pois apenas duas masseiras seriam necessárias para concluir a etapa que já se encontrava em curso, logo moldamos dois corpos de prova por masseira sendo o 4A e 4B, de uma mesma masseira e o 4C e 4D de outra.

##### 4.4.1 Descrição da edificação

Para o quarto e último estudo foi escolhida uma obra de apenas um pavimento, com área do lote de 249,90 m<sup>2</sup> e área construída de 82,00 m<sup>2</sup>.

##### 4.4.2 Realização do ensaio

Os corpos de prova da obra de número 4 foram moldados na data 07/10/2019, mesmo dia da obra de número três, a qual completou 28 dias no dia quatro de novembro, dia em que foi realizado o ensaio, sendo que na manhã deste mesmo dia os corpos de prova foram retirados do local de cura e levados para local seco em temperatura ambiente na qual foram mantidos até o momento do ensaio e rompidos em prensa hidráulica manual no dia 04/11/2019 na qual teve sua última calibragem no ano de 2017. Os dados referentes à força máxima alcançada por cada corpo de prova são expressos na tabela 6.

Através da tabela 6 é possível observar que a obra de número 4 apresentou uma ruptura diferente das demais, onde os corpos de prova se romperam de forma colunar com formações de cone, conforme ABNT NBR 5739 (2018) anexo A.

TABELA 6 – Cargas de ruptura da obra número 4

Corpos de prova	Força máxima de ruptura (TNF)	Tipo de ruptura
Corpo de prova 4A	7,21	Colunar
Corpo de prova 4B	7,22	Colunar
Corpo de prova 4C	7,22	Colunar
Corpo de prova 4D	6,74	Colunar
Média para cálculo	7,09	

Fonte: Autor (2019)

Conversão de tonelada força para newtons:

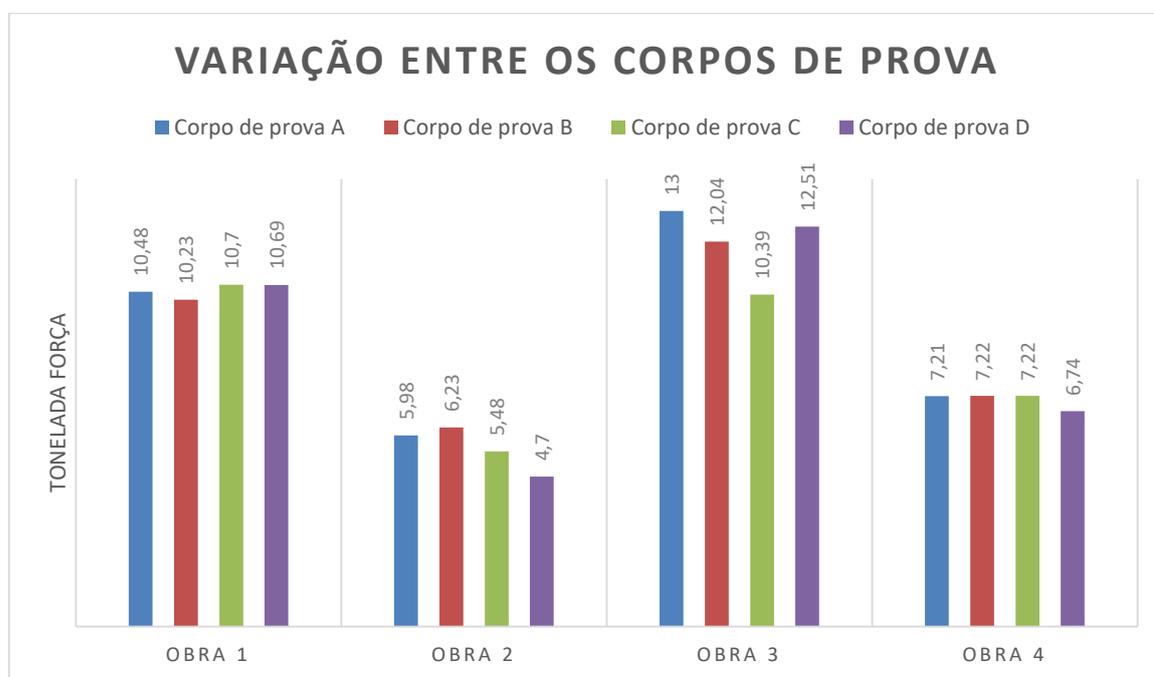
$$7,09 \times 9806,65 \text{ N} = 69529,15 \text{ N}$$

$$f_c = \frac{4 \cdot 69529,15}{\pi \cdot 100^2} = 8,852 \text{ MPA} \quad (01)$$

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de todas as obras serem construídas na mesma cidade e possuir traço previamente definido, através do gráfico 1 é possível analisar a grande diferença existente entre elas, por exemplo se compararmos a obra de número 3 com a obra de número 2, a força aplicada para romper o corpo de prova 3A foi aproximadamente o dobro da força necessária para romper o corpo de prova 2A sendo que ambas as obras foram calculadas para mesma resistência, logo deveriam resistir aos mesmos esforços.

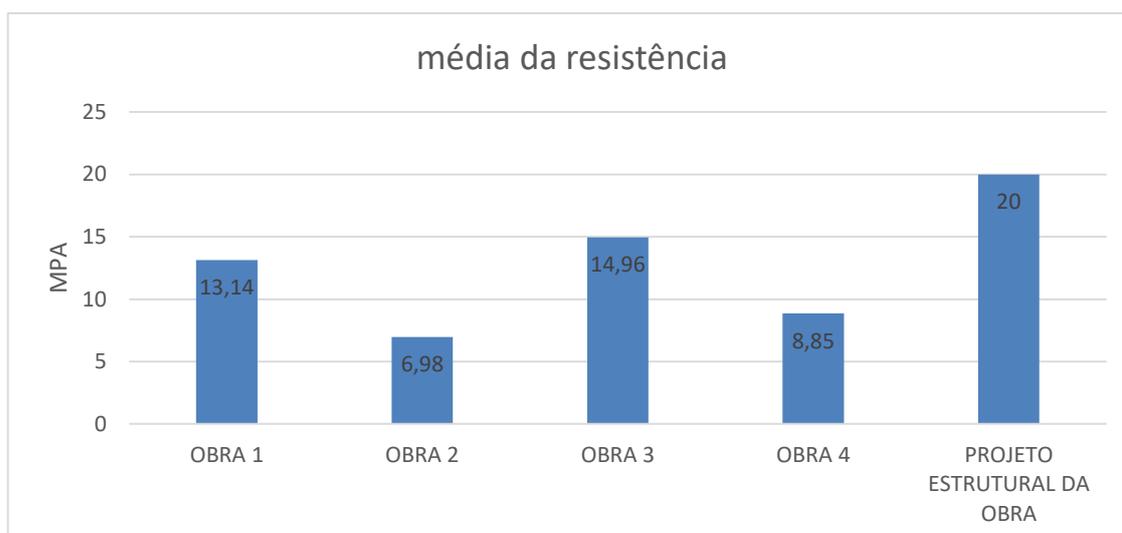
Gráfico 1 – Variação da resistência



Fonte: Autor (2019)

Após a transformação das forças e obtenção da resistência à compressão em MPA, a comparação dos dados com o especificado pela ABNT NBR 6118 2014 ficam ainda mais distantes (gráfico 2), onde nenhuma das obras obteve a resistência mínima de 20 MPA e a resistência mais próxima ainda apresenta uma diferença de 5,04 MPA a menos, e a mais distante uma diferença de 13,02 MPA a menos, possuindo pouco mais de um terço da resistência pretendida, que era de 20 MPA.

Gráfico 2 – Média da resistência dos corpos de prova.



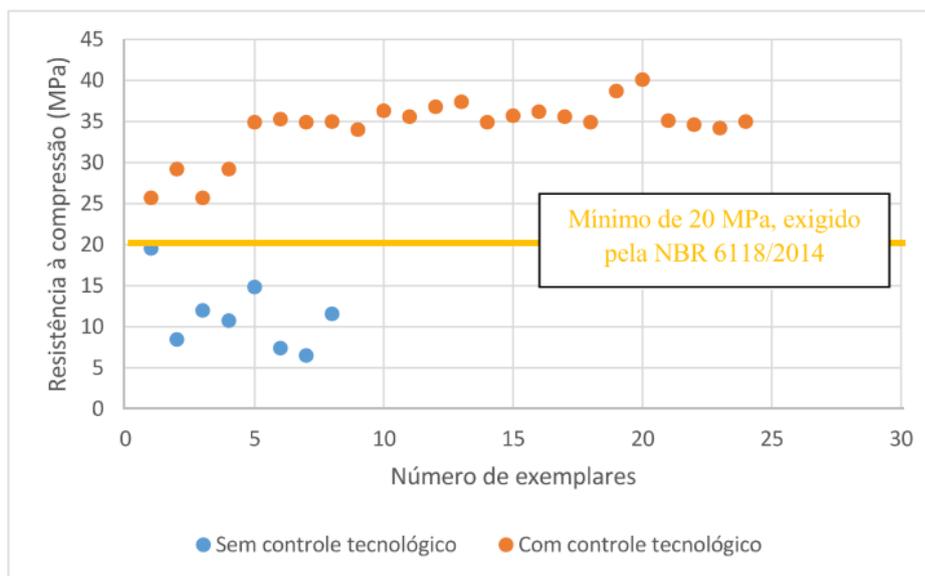
Fonte: Autor (2019)

Tais dados mostram a ineficiência das dosagens “in loco” na região, e revelam resultados insatisfatórios segundo a norma.

Vários são os autores que realizaram pesquisas semelhantes, como Rosa e Lopes, (2016) que também obtiveram resultados insatisfatórios ao realizar a pesquisa “análise de resistência à compressão e características do concreto produzido em obras de pequeno porte” na região norte da cidade de Maringá – PR, na qual obtiveram um FCK médio de 6,72 MPA em seis obras estudadas.

Silva Trigueiro (2018) em sua pesquisa “Avaliação da qualidade do concreto produzido em obras de pequeno porte” obteve resultados diversos onde os concretos sem controle tecnológico não atenderam ao descrito no projeto e nem a resistência mínima estabelecida pela ABNT NBR 6118 2014, diferente da mistura que possuía controle tecnológico, na qual ultrapassavam a resistência especificada no projeto, como é possível visualizar no gráfico – 3 onde os pontos na cor azul representam corpos de prova da cidade de Araruna – PB que não possuíam controle tecnológico e os na cor verde representam o município de João Pessoa – PB na qual todas possuíam controle tecnológico.

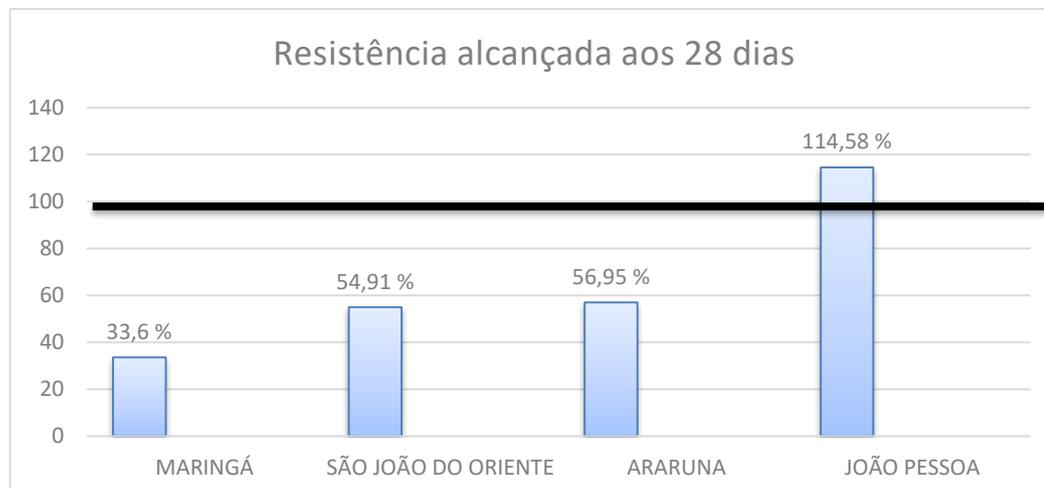
Gráfico 3 – Discrepância de resultados com e sem controle tecnológico



Fonte: SILVA TRIGUEIRO, 2018

Ao comparar a média dos resultados obtidos dos corpos de prova da cidade de São João do Oriente – MG com as pesquisas de Silva Trigueiro em Maringá e Rosa e Lopes em João Pessoa e Araruna, fez-se o gráfico – 4 no qual é possível observar grande diferença de valores onde 100% significa que o corpo de prova obteve a resistência desejada segundo o projeto. Nota-se que na cidade de João Pessoa os corpos de prova não só alcançaram a resistência desejada como também ultrapassou a resistência descrita em cerca de 14,58 %, este fato se dá devido ao controle tecnológico aplicado a obra.

Gráfico 4 – Comparação da resistência obtida em porcentagem



Fonte: Autor (2019)

Além dos itens mencionados, algo que chamou a atenção foram os corpos de prova da obra de número 4, que após a ruptura, ao ser retirado da prensa ele se partiu ao meio, e ao analisar o interior do corpo de prova foi possível observar que o concreto se desfazia com facilidade, desprendendo a areia do agregado, além de estar com uma cor esbranquiçada diferente dos outros corpos de prova como é possível ver na comparação da figura 4. Acredita-se que a diferença seja proveniente da dosagem inadequada, logo necessita de uma investigação detalhada para verificar hipóteses como excesso de agregado miúdo, excesso de água ou falta de cimento.

Figura 4: Comparação entre corpos de prova 3B E 4B



Fonte: Autor (2019)

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta do acompanhamento técnico em obras de pequeno porte não é um problema recente, isto se dá devido à cultura local de confiar na experiência do pedreiro e julgar que engenheiros e outros profissionais graduados são necessários apenas em obras de grande porte, pois oneram gastos. Tal costume é sustentado pela ausência de fiscalização.

Apesar do traço ter sido definido pelo engenheiro, a dosagem se caracterizou apenas como norteador, pois o controle de qualidade do concreto em obras de pequeno porte é algo escasso e muitas vezes inexistente na região, com o intuito de verificar a falta de qualidade do concreto nestas obras fez-se a pesquisa a fim de comprovar a hipótese através do ensaio de compressão axial. Sendo a resistência à compressão a característica mais explorada do concreto, diversos autores alertam para os riscos provenientes das dosagens inadequadas, principalmente de elementos como a água, que em nenhuma das obras foi medida de maneira precisa.

Através dos resultados obtidos é possível observar que nenhuma das obras obteve a resistência mínima adotada na ABNT NBR 6118 2014, metade das obras não obteve 50% da resistência descrita pelos engenheiros.

Após a mistura dos agregados ao transferir o concreto da betoneira para o carrinho de mão era visível o excesso de água na mistura, na qual possuía uma grande fluidez, esta característica é de grande importância pois implica diretamente na qualidade e durabilidade da obra (HELENE P. R., 1986).

Como consequência da resistência e dosagem inadequada o surgimento de trincas, fissuras e outras patologias muito provável acometerão as estruturas acarretando defeitos que irão perdurar durante toda a vida da edificação.

## **7 RECOMENDAÇÕES**

Sugere-se para trabalhos futuros, um estudo sobre a viabilidade de implantação de um programa de fiscalização de obras a nível municipal, tendo a resistência do concreto como parâmetro de qualidade e tendo os órgãos municipais como gestores.

A fiscalização ajudaria a melhorar a qualidade das obras e reforçaria a importância do engenheiro civil bem como a segurança e o bom planejamento de obras.

## REFERÊNCIAS

ARAGÃO, M. (2012). Apostila de estudo. *SEÇÃO DE ENSINO DE ENGENHARIA DE FORTIFICAÇÃO E CONSTRUÇÃO. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO II TECNOLOGIA DA ARGAMASSA E DO CONCRETO*. Rio de Janeiro. Disponível em < <https://docplayer.com.br/12901579-Materiais-de-construcao-ii-tecnologia-da-argamassa-e-do-concreto.html> > acesso em 10 de novembro de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2014). *ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento*. Rio de Janeiro. Disponível em < <https://rotaacessivel.com.br/files/200000331-8d02e8df9a/Projeto%20de%20estruturas%20de%20concreto.pdf> > acesso em 02 de agosto de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2009). *ABNT NBR 7211: Agregados para concreto*. Rio de Janeiro. Disponível em < <https://rotaacessivel.com.br/files/200000331-8d02e8df9a/Projeto%20de%20estruturas%20de%20concreto.pdf> > acesso em 02 de agosto de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2015). *ABNT NBR 5738 Concreto — Procedimento para moldagem e cura*. Rio de Janeiro. Disponível em < [http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%205738%20-%2015\\_aula.pdf](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%205738%20-%2015_aula.pdf) > acesso em 02 de agosto de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2018). *ABNT NBR 5739 Concreto Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico*. Rio de Janeiro. Disponível em < [https://kupdf.net/download/nbr-5739-2018-concreto-ensaio-de-compressao-de-corpos-de-prova-cilindricos\\_5c3482bde2b6f55f1100ddcd\\_pdf](https://kupdf.net/download/nbr-5739-2018-concreto-ensaio-de-compressao-de-corpos-de-prova-cilindricos_5c3482bde2b6f55f1100ddcd_pdf) > acesso em 02 de agosto de 2019.

BRASIL. Distrito Federal. Casa Civil. LEI Nº 6.138 de 26 de abril de 2018. *Institui o Código de Obras e Edificações do Distrito Federal - COE.*, disponível em < [http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/94156cc83d524f1ba6d0c0555ec9cd9d/Lei\\_6138\\_26\\_04\\_2018.html](http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/94156cc83d524f1ba6d0c0555ec9cd9d/Lei_6138_26_04_2018.html) > Acesso em 16 de setembro de 2019.

CARINO, N. J. (1997). *Concrete Construction Engineering Handbook*. Boca Raton, Flórida: Editor in Chief Edward G Nawy. 1584 P. Disponível em < [https://books.google.com.br/books?id=laZCGxXLJDoC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=laZCGxXLJDoC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false) > acesso em 07 de outubro de 2019.

CONEY CAMPITELI, V. Porosidade do concreto e a sua modificação com o uso de algumas adições. 1985. 270 P. Dissertação (Mestrado ENGENHARIA CIVIL). Universidade de São Paulo. Acesso em 20 de outubro de 2019

CORSINI, R. *Trinca ou fissura?* São Paulo. 9 julho de 2010. Disponível em <[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/49694547/Trinca\\_ou\\_fissura\\_Techne.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTrinca\\_ou\\_fissura\\_Techne.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191119%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4\\_request&X-Amz-Date=20191119T222453Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=3512a27e084dd4b7b7dad21fae0c1c60132cbaf8ed42bea1395609b11a25fc3a](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/49694547/Trinca_ou_fissura_Techne.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTrinca_ou_fissura_Techne.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191119%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191119T222453Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=3512a27e084dd4b7b7dad21fae0c1c60132cbaf8ed42bea1395609b11a25fc3a)> acesso em 01 de novembro de 2019.

CORTELLA, M. S. (2016). *porque fazemos o que fazemos?*. São Paulo. Editora Planeta. 176 P.

CUCHIERATO, G. (2017). *A INDÚSTRIA MINERAL PAULISTA- SÍNTESE SETORIAL DO MERCADO PRODUTOR*, FIESP. Disponível em <[https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/a-industria-mineral-paulista-sintese-setorial-do-mercado-produtor/attachment/a\\_industria\\_mineral\\_paulista/](https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/a-industria-mineral-paulista-sintese-setorial-do-mercado-produtor/attachment/a_industria_mineral_paulista/)>. acesso em 22 de setembro de 2019.

HELENE, P. R. (1993). Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. p. 87. Tese (Professor Livre Docente junto ao Departamento de Engenharia de Construção Civil) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em <<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/TD1.pdf>> acesso em 5 de novembro de 2019

HELENE, P. R. (MARÇO de 1986). *CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO. BOLETIM TÉCNICO*. São Paulo, BRASIL. Disponível em <[http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/BT\\_00003.pdf](http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/BT_00003.pdf)> acesso em 05 de novembro de 2019.

HELENE, P., e ANDRADE, T. (2010). *Concreto de Cimento Portland*. IBRACON. São Paulo. Disponível em <<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc48.pdf>> Acesso em 18 de 10 de 2019.

KAEFER, L. F. (dezembro de 1998). *A Evolução do Concreto Armado*. São paulo, p. 23,24. Disponível em <<http://www.feb.unesp.br/lutt/Concreto%20Protendido/HistoriadoConcreto.pdf>> acesso em 03 de outubro de 2019.

LIBÂNIO. (MAIO de 2007). *FUNDAMENTOS DO CONCRETO E PROJETO DE EDIFÍCIOS*. São Carlos- SP. disponível em < [http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Apost\\_EESC\\_USP\\_Libanio.pdf](http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Apost_EESC_USP_Libanio.pdf) > acesso em 05 de novembro de 2019.

LIMA, J. D. (1995). qualidade do empreendimento na construção civil-inovação e competitividade. Boletim tecnico. São Paulo. Disponível em < [http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00144.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00144.pdf) > acesso em 06 de novembro de 2019.

MARK, A., E MINDESS, S. (2005). *Aggregates in Concrete: MODERN CONCRETE TECHNOLOGY*. Abingdon. Taylor & Francis group. Volume 13. disponível em < <http://www.uomisan.edu.iq/library/admin/book/64626576611.pdf> > acesso em 15 de outubro de 2019;

MINDESS, S. (2008). *concrete construction engineering*. Nova Jersey: CRC Press. 1584 P. Disponível em <<https://epdf.pub/queue/concrete-construction-engineering-handbook.html>> acesso em 16 de outubro de 2019.

NEVES COSTA, C., DOMINGUES DE FIGUEIREDO, A. E PIGNATTA E SILVA, V. (2002). *O fenômeno do lascamento (“spalling”) nas estruturas de concreto*. São Paulo. 44º Congresso Brasileiro. Disponível em < [http://www.lmc.ep.usp.br/grupos/gsi/wp-content/artigos1/spalling\\_ibracon.pdf](http://www.lmc.ep.usp.br/grupos/gsi/wp-content/artigos1/spalling_ibracon.pdf) > acesso em 19 de outubro de 2019.

NEVILLE, A., BROOKS, J., E CREMONINI, R. (2013). *tecnologia do concreto: segunda edição*. tchbooks. 390 P. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/282130763/Neville-A-m-Brooks-j-j-Tecnologia-Do-Concreto>> acesso em 19 de outubro de 2019.

OLIVEIRA SOUZA, H., OYAKAWA, M., E MARQUES BATISTA, A. (2014). *Fatores que propiciam o aparecimento de fissuras nas lajes maciças em edifícios de interesse social*. REVISTA INSIET, 159 P. São Paulo. Disponível em < <http://www.fatectatuape.edu.br/revista/index.php/insiet/article/view/12/14> > acesso em 19 de outubro de 2019.

PICCHI, F. A., E VAHAN, A. (1993). *sistema da qualidade na construção de edifícios*. Boletim técnico. São Paulo. Disponível em < [http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00104.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00104.pdf) > acesso em 07 de outubro de 2019.

POSSAN, E. (SETEMBRO de 2004). *Contribuição ao estudo da carbonatação do concreto com adição de sílica ativa em ambiente natural e acelerado*. 155 P. Dissertação (pós graduação em engenharia civil) Universidade federal do rio grande do sul. Porto Alegre. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/8524>> acesso em 10 de outubro de 2019.

RECENA, F. A. (2011). *Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento Portland*. Terceira edição. Porto Alegre: edipucrs.120 P. Disponível em <[https://books.google.com.br/books/about/Dosagem\\_e\\_controle\\_da\\_qualidade\\_de\\_concretos\\_convencionais\\_de\\_cimento\\_Portland?id=mJVfxvZnHa4C&printsec=frontcover&source=kp\\_read\\_button&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books/about/Dosagem_e_controle_da_qualidade_de_concretos_convencionais_de_cimento_Portland?id=mJVfxvZnHa4C&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)> acesso em 10 de outubro de 2019.

RESENDE, C. (2016). *CONCRETO: PROPRIEDADES, DESCOBERTAS E CASOS INTERESSANTES*. São Paulo. Disponível em <<http://propriedadesdoconcreto.blogspot.com/2016/12/a-forma-de-rompimento-do-cp-e-importante.html>> acesso em 08 de novembro de 2019.

RICCI, B. D., PEREIRA, A. M., E AKASAKI, J. L. (2017). *Estudo de Dosagens Visando Obter Concretos para Obras de Pequeno porte*. São Paulo. Volume 13, numero 1.P 1-13. Disponível em <[https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/viewFile/1499/1521](https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/viewFile/1499/1521)> acesso em 02 de outubro de 2019.

ROSA, F. A., E LOPES, A. A. (Outubro de 2016). ANÁLISE DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO PRODUZIDO EM OBRAS DE PEQUENO PORTE NA REGIÃO NOROCCIDENTAL DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ-PR. Maringá. Vol.28,n.3,pp.69-77, Out/Dez 2016. Disponível em <<http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/1892/1490>> acesso em 01 de novembro de 2019.

SALES, A. T., E ALFERES FILHO, R. D. (março de 2014). Efeito do pó de resíduo cerâmico como adição ativa para o concreto. Sergipe. P 1-13. Disponível em <<https://teses.ufs.br/bitstream/riufs/1159/1/EfeitoDoP%c3%b3DeRes%c3%adduoCer%c3%a2mico.pdf>> acesso em 16 de setembro de 2019.

SILVA TRIGUEIRO, J. (2018). *AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO CONCRETO PRODUZIDO EM OBRAS DE PEQUENO PORTE*. 38P. Monografia (bacharel em engenharia civil) Universidade estadual da paraíba. Disponível em <[file:///D:/Downloads/PDF-Jeferson%20da%20Silva%20Trigueiro%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads/PDF-Jeferson%20da%20Silva%20Trigueiro%20(1).pdf)> acesso em 04 de outubro de 2019.

THOMAZ, E. (1989). *Trincas em edifícios, causas, prevenção e recuperação*. São Paulo. 194 P. Disponível em < <https://pt.scribd.com/document/349701252/Trincas-e-Edificios-Causas-prevencao-e-Recuperacao-Eng-Ercio-Thomaz-pdf>> acesso em 02 de outubro de 2019

VALVERDE, F. M. (2001). AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. Boletim técnico, Agência nacional de mineração. Disponível em < <http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes-economia-mineral/arquivos/agregados-para-contrucao-civil.pdf> > acesso em 08 de outubro de 2019.

## Anexos 1 - Estudo de caso da obra 1







Anexo 2 - Estudo de caso da obra 2







### Anexo 3 - Estudo de caso da obra 3







## Anexo 4 - Estudo de caso da obra 4









