



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS CRATEÚS**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**YTALO IGO ARRUDA BESERRA**

**AVALIAÇÃO DE CONCRETOS DOSADOS EMPIRICAMENTE UTILIZADOS PARA  
MOLDAR ELEMENTOS ESTRUTURAIS: UM ESTUDO EM OBRAS DE  
EDIFICAÇÃO DE CRATEÚS-CE.**

**CRATEÚS**  
**2022**

Y TALO IGO ARRUDA BESERRA

AVALIAÇÃO DE CONCRETOS DOSADOS EMPIRICAMENTE UTILIZADOS PARA  
MOLDAR ELEMENTOS ESTRUTURAIS: UM ESTUDO EM OBRAS DE EDIFICAÇÃO  
DE CRATEÚS-CE

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Materiais e método construtivos

Orientadora: Profa. Dra. Heloína Nogueira da Costa

CRATEÚS

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

B465a Beserra, Ytalo Igo Arruda.

Avaliação de concretos dosados empiricamente utilizados para moldar elementos estruturais : um estudo em obras de edificação de Crateús-Ce / Ytalo Igo Arruda Beserra. – 2022.  
67 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús,  
Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2022.

Orientação: Profa. Dra. Heloína Nogueira da Costa.

1. Dosagem Empírica. 2. Concreto Armado. 3. Agregados. I. Título.

CDD 620

---

Y TALO IGO ARRUDA BESERRA

AVALIAÇÃO DE CONCRETOS DOSADOS EMPIRICAMENTE UTILIZADOS PARA  
MOLDAR ELEMENTOS ESTRUTURAIS: UM ESTUDO EM OBRAS DE EDIFICAÇÃO  
DE CRATEÚS-CE

Monografia apresentada ao curso de  
Engenharia Civil da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial a obtenção do  
título de Engenheiro Civil.  
Área de concentração: Materiais e Métodos  
Construtivos

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dra. Heloína Nogueira da Costa (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Me. Jorge Luis Santos Ferreira (Membro interno)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng°. Civil Daniel Gomes Diógenes (Membro externo)

A Deus.

E aos meus pais, Francivaldo e Cristina

## **AGRADECIMENTOS**

À Instituição Universidade Federal do Ceará câmpus de Crateús e Fortaleza por ter cedido os laboratórios juntamente com seu aparelhamento para ajudar na construção da pesquisa.

A Profa. Dra. Heloína Nogueira da Costa, pela excelente orientação.

Ao professor participante da banca examinadora Jorge Luis Santos Ferreira e o engenheiro civil Daniel Gomes Diógenes pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos responsáveis por cada uma das obras por terem cedido espaço para a realização da pesquisa e tempo para responder ao questionário.

Aos colegas de turma João Pedro Santiago Landim e Ismael Edson Soares Sousa, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

Aos amigos Pedro Paulo Silveira Rezende e João Paulo Lima Vieira pela ajuda no transporte de equipamentos, materiais e realização dos ensaios.

“Tudo posso naquele que me fortalece.”

(Filipenses 4:13)

## RESUMO

O setor da construção civil é um dos mercados mais ativos da sociedade, sendo um grande gerador de emprego e renda em todo o mundo. A expansão do mercado imobiliário e o crescimento da construção civil são, atualmente, presentes na cidade de Crateús-CE, que é uma cidade polo nos sertões de Crateús. Isso ocorre devido à construção de novos bairros e crescimento do setor comercial local, mediante a chegada de novas empresas. Diante desse contexto, deve-se atentar para o controle de qualidade nas obras, principalmente no que diz respeito ao concreto, que é o principal material estrutural utilizado na construção civil local. Para atender às especificações normativas alguns fatores devem ser controlados, como o proporcionamento (traço) e a qualidade dos materiais constituintes, como os agregados. Tais parâmetros têm grande influência na resistência final do concreto, que é o principal parâmetro do concreto endurecido. Conforme estudos anteriores, não é comum a execução de controle de qualidade do concreto nas obras de edificações executadas na cidade, além disso, observou-se que não são utilizados métodos de dosagem do concreto. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a resistência à compressão de concretos dosados empiricamente utilizados em elementos estruturas em três obras na cidade de Crateús. Foram realizados ensaios de caracterização dos agregados e acompanhamento da execução de elementos estruturais, com a retirada de amostras de concreto para ensaios de resistência à compressão. Os resultados obtidos indicam que os traços de concreto apresentam relação a/c entre 0,6 e 0,8, o consumo de cimento varia entre 212,4 kg/m<sup>3</sup> e 292,68 kg/m<sup>3</sup> e a resistência a compressão de todas as amostras foram abaixo de 20MPa. Em relação aos agregados utilizados, todos apresentaram características adequadas para a aplicação em concretos.

**Palavras-chave:** Dosagem empírica; Concreto armado; Agregados.

## ABSTRACT

The civil construction sector is one of the most active markets in society, being a major generator of employment and income around the world. The expansion of the real estate market and the growth of civil construction are currently present in the city of Crateús-CE, which is a hub city in the backlands of Crateús. This is due to the construction of new neighborhoods and the growth of the local commercial sector, through the arrival of new companies. In this context, attention should be paid to quality control in the works, especially with regard to concrete, which is the main structural material used in local civil construction. To meet the normative specifications, some factors must be controlled, such as the proportion (trace) and the quality of the constituent materials, such as aggregates. Such parameters have a great influence on the final strength of concrete, which is the main parameter of hardened concrete. According to previous studies, it is not common to perform concrete quality control in building works carried out in the city, in addition, it was observed that concrete dosing methods are not used. Therefore, the objective of this work is to evaluate the compressive strength of empirically dosed concretes used in structural elements in three works in the city of Crateús. Aggregate characterization tests and monitoring of the execution of structural elements were carried out, with the removal of concrete samples for compressive strength tests. The results obtained indicate that the concrete mixes have a w/c ratio between 0.6 and 0.8, the cement consumption varies between 212.4 kg/m<sup>3</sup> and 292.68 kg/m<sup>3</sup> and the compressive strength of all samples were below 20MPa. Regarding the aggregates used, all of them presented adequate characteristics for application in concrete.

**Keywords:** Empirical dosage; Reinforced concrete; Aggregates.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Agregados graúdos e miúdos .....	22
Figura 2 – Ensaio de abatimento de tronco de cone .....	26
Figura 3 – Moldagem dos corpos de prova cilíndricos .....	27
Figura 4 – Ensaio de ruptura axial do corpo de prova cilíndrico .....	27
Figura 5 – Ensaio de ruptura a compressão diametral .....	28
Figura 6 – Ensaio de ruptura a flexão de protótipo de viga .....	28
Figura 7 – Passos principais do método IPT/EPUSP ou IBRACON .....	29
Figura 8 – Passos principais do método ABCP/ACI .....	31
Figura 9 – Etapas do método de pesquisa .....	32
Figura 10 – Mapa da cidade de Crateús com a localização aproximada das obras estudadas .....	33
Figura 11 – Ensaio realizados .....	34
Figura 12 – Quarteamento do agregado miúdo: a e c) areia natural; b e d) pedra britada ..	35
Figura 13 – Ensaio do abatimento de tronco e corpos de prova moldados .....	36
Figura 14 – Cura úmida: Obra A1 e A2 .....	37
Figura 15 – Cura úmida: Obra A3 .....	37
Figura 16 – Ensaio de resistência a compressão .....	37
Figura 17 – Ensaio de massa unitária .....	38
Figura 18 – Peneiramento de agregados .....	39
Figura 19 – Armação da viga de fundação antes da concretagem da obra A1 .....	40
Figura 20 – Laje pré-moldada da obra A2 .....	41
Figura 21 – Vigas concretadas da obra A3 .....	45
Figura 22 – Concreto da obra A1 .....	45
Figura 23 – Concreto da obra A2 .....	45

Figura 24 – Concreto da obra A3 .....	46
Figura 25 – Recipientes de agregados da obra A1 .....	47
Figura 26 – Recipiente de agregados da obra A2 .....	47
Figura 27 – Recipiente de agregados da obra A3 .....	48
Figura 28 – Curva de Abrams .....	49
Figura 29 – Slump Test da obra 01 .....	51
Figura 30 – Slump Test da obra 02 .....	52
Figura 31 – Slump Test da obra 03 .....	52
Figura 32 – Mapa de concretagem obra A1 .....	54
Figura 33 – Mapa de concretagem da obra A2 .....	55
Figura 34 – Mapa de concretagem da obra A3 .....	56
Figura 35 – Corpos de prova rompidos da obra A1 .....	57
Figura 36 – Corpo de prova rompido da obra A2 .....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva granulométrica dos agregados miúdos .....	43
Gráfico 2 – Curva granulométrica dos agregados graúdos .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de cimento e suas aplicações .....	20
Tabela 2 – Dados sobre a coleta do concreto estudado .....	36
Tabela 3 – Valores de $\Psi_6$ de acordo com o número de exemplares .....	38
Tabela 4 – Dados dos ensaios nos agregados .....	42
Tabela 5 – Módulo de finura e diâmetro máximo dos agregados miúdos .....	44
Tabela 6 – Traços em massa dos concretos das obras estudadas .....	48
Tabela 7 – Teor de argamassa .....	50
Tabela 8 – Consumo de material para cada $m^3$ de concreto estimado .....	50
Tabela 9 – Resultados do abatimento do tronco de cone .....	51
Tabela 10 – Características dos traços .....	53
Tabela 11 – Resultado da resistência de cada exemplar .....	53
Tabela 12 – Cálculo do fck estimado .....	54
Tabela 13 – Resultado da resistência de cada exemplar .....	54
Tabela 14 – Cálculo do fck estimado .....	54
Tabela 15 – Resultado da resistência de cada exemplar .....	55
Tabela 16 – Cálculo do fck estimado .....	55
Tabela 17 – Comparativo do resultado do fck estimado entre 3 obras .....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FCK	Resistência Característica de Projeto
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
END	Ensaio Não Destrutivo
ACI	American Concrete Institute
PCI	Portland Cement Institute
ACBM	Center for Advanced Cement-based Materials
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
UFC	Universidade Federal do Ceará
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
CLT	Consolidação das Leis Trabalhistas
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
DMC	Diâmetro Máximo Característico
MF	Módulo de Finura

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>1.1</b>	<b>Contextualização e justificativa da pesquisa</b> .....	16
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	18
<i>1.2.1</i>	<i>Objetivo geral</i> .....	18
<i>1.2.2</i>	<i>Objetivos específicos</i> .....	18
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>Concreto de cimento Portland</b> .....	19
<b>2.2</b>	<b>Componentes do concreto</b> .....	20
<i>2.2.1</i>	<i>Cimento Portland</i> .....	20
<i>2.2.2</i>	<i>Agregados</i> .....	21
<i>2.2.3</i>	<i>Água de amassamento</i> .....	23
<i>2.2.4</i>	<i>Aditivos químicos</i> .....	23
<i>2.2.5</i>	<i>Adições minerais</i> .....	24
<b>2.3</b>	<b>Propriedades do concreto</b> .....	25
<b>2.4</b>	<b>Métodos de dosagem do concreto</b> .....	28
<i>2.4.1</i>	<i>Método IPT/EPUSP ou IBRACON</i> .....	28
<i>2.4.2</i>	<i>Método ABCP/ACI</i> .....	30
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	32
<b>3.1</b>	<b>Seleção das Obras</b> .....	32
<b>3.2</b>	<b>Métodos de pesquisa</b> .....	33
<i>3.2.1</i>	<i>Amostragem de agregados</i> .....	34
<i>3.2.2</i>	<i>Ensaio realizados no concreto</i> .....	35
<i>3.2.3</i>	<i>Caracterização do Agregados</i> .....	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	39
<b>4.1</b>	<b>Caracterização das empresas</b> .....	39
<b>4.2</b>	<b>Caracterização das edificações</b> .....	40
<b>4.3</b>	<b>Resultado dos ensaios de qualidade nos agregados e no concreto</b> .....	42
<i>4.3.1</i>	<i>Agregados</i> .....	42
<i>4.3.1.1</i>	<i>Granulometria do agregado miúdo</i> .....	43
<i>4.3.1.2</i>	<i>Granulometria do agregado graúdo</i> .....	44
<b>4.4</b>	<b>Execução do concreto</b> .....	45

4.4.1	<i>Traço empírico</i> .....	46
4.4.2	<i>Abatimento do tronco de cone (Slump Test)</i> .....	50
4.4.3	<i>Resistência a Compressão</i> .....	53
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	58
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	60
	<b>APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS</b> .....	65
	<b>APÊNDICE B – RESULTADOS DE GRANULOMETRIA DAS</b> <b>AMOSTRAS</b> .....	66
	<b>APÊNDICE C – RESULTADOS DE GRANULOMETRIA DAS</b> <b>AMOSTRAS</b> .....	67

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização e justificativa da pesquisa

O concreto é um dos materiais mais utilizados no mundo, o qual resulta da mistura de agregados, naturais ou britados, com cimento e água. Em função de necessidades específicas, são acrescentados aditivos químicos, como retardadores ou aceleradores de pega, plastificantes, superplastificantes, e adições minerais, como escórias de alto-forno, pozolanas, fílers, calcários e microssílica, que melhoram as características do concreto fresco ou endurecido (ARAÚJO, 2014).

Algumas vantagens na utilização do concreto o fazem um material amplamente utilizado e difundido em todo mundo há várias décadas. Características como a possibilidade de obter estruturas monolíticas, maior durabilidade e resistência ao fogo em relação ao aço e à madeira, resistência a choques, vibrações e efeitos térmicos, são algumas características positivas, dentre várias outras existentes, que o tornam um compósito tão utilizado e estudado ao longo dos anos (CARVALHO; FILHO, 2014).

Geralmente, em obras de edificação, cerca 30% do custo total da construção é destinado à estrutura (HELENE, 2019), etapa que também se concentra um tempo considerável do prazo total da construção em comparação com outras fases da obra. Esse tempo está intrinsecamente ligado ao método construtivo e equipamentos utilizados no preparo e lançamento do concreto.

Visto a ampla utilização e importância do concreto para a construção civil, é fundamental um adequado controle tecnológico, que é a análise e verificação de sua qualidade e de seus materiais constituintes, além do acompanhamento dos serviços de concretagem, recebimento, lançamento, adensamento, desforma e cura. A dosagem também é uma etapa importante do controle tecnológico. Dentre os vários benefícios que o adequado proporcionamento dos materiais possibilita, destaca-se o atendimento às normas brasileiras, além da redução de custo na obra, redução de aglomerantes, diminuição de trabalho e minimização de fissurações (SILVA, 2017).

Um dos parâmetros fundamentais avaliados no controle tecnológico do concreto é a resistência à compressão, especificada em projeto como  $f_{ck}$  (resistência característica de projeto). A garantia desse parâmetro é de suma importância para o correto andamento da construção e segurança da edificação. Para isto, deve-se atentar para o que determina as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como a NBR 12655 (ABNT,

2015), NBR 6118 (ABNT, 2014), entre outras. Portanto, para determinação da resistência à compressão, o método mais utilizado é o de ruptura de corpos de prova, moldados durante a concretagem ou extraídos como testemunhos de uma estrutura já construída, onde as diretrizes desse ensaio estão dispostas na NBR 5739 (ABNT, 1994). Além do método destrutivo de ensaio de ruptura à compressão, métodos de ensaio não destrutivos (END) podem ser empregados, complementando o controle tecnológico.

Além da resistência à compressão, é de suma importância para qualidade do concreto, o atendimento a requisitos de trabalhabilidade e durabilidade, que são características do concreto fresco e endurecido, respectivamente. Todos esses requisitos fundamentais são influenciados pela adequada dosagem do concreto, conhecido também como traço. A dosagem do concreto é a obtenção do melhor proporcionamento entre seus materiais constitutivos, e deve ser feito com o objetivo de formar uma mistura ideal e econômica para uma determinada disponibilidade de materiais e peculiaridades construtivas (TUTIKIAN; HELENE, 2011). Os métodos de dosagem não seguem padrões universais (AHMED et al., 2016), porém possuem etapas semelhantes em sua maioria, como, a obtenção da resistência especificada em projeto e a correlação entre a resistência à compressão e a relação água/cimento (TORALLES et al., 2018).

Existe uma extensa variabilidade de métodos de dosagem descritos na literatura, como os métodos IPT/EPUSP, FAURY, VALLETE, entre outros, no qual destaca-se no Brasil o método ABCP/ACI, que é um método criado pela Associação Brasileira de cimento Portland (ABCP), baseado nos métodos da American Concrete Institute (ACI) e na Portland Cement Institute (PCI), adaptado para as condições do país (BORGES; CARREIRO, 2017).

Além da dosagem experimental, existe também a dosagem empírica do concreto, que é constituída de traços que podem ser passados de geração em geração, ou até mesmo criados sem base técnica ou estudo. Algumas empresas adotam traços empíricos, em que, na maioria das vezes não se sabe ao certo a sua origem, ou também utilizam traços obtidos por tentativa e erro, mas confiam em sua qualidade baseada em uma utilização de muitos anos no mercado (MÜLLER, 2015). A utilização de traços empíricos pode sofrer influências culturais, e é encontrado principalmente em obras de pequeno e médio porte, em cidades ou estados construtivamente menos desenvolvidos. Nas cidades brasileiras, para obras de menor porte, é comum a utilização da dosagem empírica do concreto, o que acarreta em maiores custos e menos qualidade do concreto, pois não considera a relação das propriedades do concreto e a variabilidade dos materiais (RICCI; PEREIRA; AKASAKI, 2017).

Na cidade de Crateús, localizada no sertão central do Ceará a 350 km da capital, tem-se tido nos últimos anos uma crescente expansão do setor imobiliário com a construção de loteamentos em bairros planejados (DIÁRIO DO NORDESTE, 2018), o que implica diretamente em uma demanda cada vez maior no setor construtivo da cidade. Segundo Diógenes (2019), apesar dessa expansão, práticas construtivas rudimentares e baixa eficiência são observadas amplamente na localidade de Crateús. Por exemplo, falta de uma adequada estocagem de materiais em boa parte das obras, mistura manual do concreto sem os devidos cuidados, assim como, ausência de testes de consistência e cuidados com a cura do concreto em grande parte das obras. Todos esses fatores podem resultar em uma resistência à compressão diferente do especificado pelo projetista.

Diante desse cenário, neste trabalho busca-se conhecer como os concretos dosados empiricamente, utilizados para construção de edificações na cidade de Crateús-CE são executados e quais suas resistências à compressão. Além disso, também se busca informações sobre a trabalhabilidade e as características dos agregados utilizados.

## **1.2 – Objetivos**

### ***1.2.1 – Objetivo Geral***

Avaliar a resistência à compressão de concretos dosados empiricamente em obras de edificação executadas na cidade de Crateús-CE.

### ***1.2.1– Objetivos Específicos***

- a) Avaliar as características dos agregados utilizados nos traços de concreto das obras selecionadas;
- b) Identificar as proporções entre os componentes do concreto (traço unitário) e avaliar as principais relações entre os materiais, tipicamente utilizadas como parâmetros de dosagem.

## **2.REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Concreto de Cimento Portland**

O concreto é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos que podem conter ou não incorporação de alguns componentes, como aditivos químicos e adições, que adicionam propriedades ao mesmo durante o seu endurecimento (BATTAGIN, 2009). Neville e Brooks (2013) definem o concreto, em um sentido amplo, como qualquer produto ou massa produzido de origem de um meio cimentante, que geralmente é o resultado de um cimento hidráulico e a água. Os mesmos autores complementam que o concreto por ser produzido a partir de uma gama de cimentos e pode conter agregados de concreto reciclados, fibras, polímeros dentre outros, além de poderem ser tratados a vácuo, curados a vapor, autoclavados, vibrados por impactos, extrudados e projetados.

Das propriedades do concreto, destaca-se a sua resistência à água, que diferentemente do aço e da madeira, sofre uma deterioração muito menor quando exposto a água. Também se enfatiza a sua plasticidade, que possibilita uma variabilidade enorme de formas, atendendo uma gama de necessidades, principalmente arquitetônicas, como é possível identificar nas obras de Oscar Niemeyer (PEDROSO, 2009). Do ponto de vista da sustentabilidade, o concreto também se sobressai em relação a materiais como alumínio, vidro e o aço, dado que o concreto armado consome menos energia e também emite menos gases e partículas poluentes (BATTAGIN, 2009). Além do âmbito sustentável, a sua produção e uso envolve um vasto arcabouço de setores importantes para o desenvolvimento de um país, nos quais causam impactos econômicos diretos na sociedade, sendo assim responsável por milhares de empregos em todo o mundo.

No último século o concreto se consolidou mundialmente como principal material utilizado na construção civil, pois a sua utilização varia desde construções simples de pequeno porte, até as mais complexas estruturas, de elevadas dimensões como pontes, barragens, edificações, viadutos, dentre outras. Tal demanda deu vazão a grandes investimentos em pesquisa ao longo dos anos, em que culminou na variabilidade em seu tipo, produção e técnicas de execução, que apesar de melhoradas nas últimas décadas, ainda estão em processo de aprimoração.

Segundo o centro de pesquisa americano Center for Advanced Cement-based Materials (ACBM), em 100 anos, o concreto superou muitas fronteiras e limites na área da engenharia e projeto de construção, a qual se encontra em constante evolução, sendo difícil

prever os patamares que ainda podem alcançar futuramente. Portanto, é válido investir em pesquisa, projeto e construção, explorando a versatilidade do concreto de cimento Portland (HELENE; ANDRADE, 2010).

## 2.2. Componentes do Concreto

### 2.2.1 Cimento Portland

O cimento Portland é produzido por uma mistura de um material cálcico, com sílica e a alumina, que pode ser encontrada nas argilas. As matérias-primas cruas são moídas até a obtenção de um pó muito fino. Em seguida são queimadas em um grande forno rotativo em temperaturas próximas a 1400°C. Durante a queima ocorre a sinterização e a fusão parcial do material na forma de clínquer, que quando resfriado é adicionado gipsita e moído novamente (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Diferentes tipos de cimento Portland são produzidos de acordo a alteração de algumas etapas em sua produção, temperatura do forno, proporções e tipos de matéria-prima. Os distintos tipos de cimento existem principalmente por uma diversificada demanda que apenas um tipo de cimento não poderia atender. Cada país possui normas técnicas para a produção do cimento Portland que orienta o processo de obtenção dos mesmos (PEDROSO 2009). A nomenclatura também sofre variação de acordo com cada país e está destacado na Tabela 1, que apresenta os tipos de cimentos classificados de acordo com a NBR 16697 (ABNT, 2018).

**Tabela 1**– Tipos de Cimento e suas aplicações

<b>Nomenclatura</b>	<b>Composição</b>	<b>Indicação de uso</b>	<b>Norma brasileira</b>
<b>CP-I</b>	95% a 100% de clínquer + sulfatos de cálcio e até 5% (escória granulada de alto forno, material pozolânico e material carbonático)	Aplicações Gerais	NBR 16697:2018
<b>CP-I- S</b>	90% a 94% de clínquer + sulfatos de cálcio e entre 6 % a 10% de material carbonatico	Aplicações Gerais	NBR 16697:2018
<b>CP-II-E</b>	51% a 94% de clínquer + sulfato de cálcio, 6% à 34% de escória granulada de alto forno e até 15% de material carbonático	Usos comuns com maior demanda de durabilidade e resistência que o CP I	NBR 16697:2018

<b>CP-II-F</b>	75% a 89% de clínquer + sulfato de cálcio e 11% a 25% de material carbonático	Estruturas de concreto armado, argamassa de assentamento, revestimentos	NBR 16697:2018
<b>CP-II-Z</b>	71% a 94% de clínquer + sulfatos, 6% a 14% de material pozolânico e até 15% de material carbonático	Obras em geral, industriais, subterrâneas e marítimas	NBR 16697:2018
<b>CP-III</b>	25% a 65% de clínquer + sulfato de cálcio, 35% a 65% de escoria de alto forno e até 10% de material carbonático	Obras de concreto massa	NBR 16697:2018
<b>CP-IV</b>	45% a 85% de clínquer + sulfato de cálcio, 15% a 50% de material pozolânico e até 10% de material carbonático	Concretagem de grandes volumes e sob elevadas temperaturas	NBR 16697:2018
<b>CP-V-ARI</b>	90% a 100% de clínquer + sulfato de cálcio e até 10% de material carbonático	Obras que exigem tempo de desforma menor	NBR 16697:2018
<b>CPB</b>	75% a 100% de clínquer + sulfato de cálcio e até 25% de material carbonático	Fins Arquitetônicos	NBR 16697:2018

Fonte: NBR 16697 (2018)

### 2.2.2 Agregados

Os agregados podem ser definidos como um material granulométrico, onde sua forma e volume possuem uma variabilidade difícil de definir, e que tem pouca reatividade química, sendo tradicionalmente considerado inerte. Por causa do avanço nos estudos e melhor compreensão dos agregados, o entendimento de material inerte, vem sendo questionado ao longo dos anos, devido possuírem propriedades físicas, térmicas, e em alguns casos químicas, que influenciam no concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2014; NEVILLE, 2016).

A qualidade do concreto é diretamente afetada pelas propriedades dos agregados, como a trabalhabilidade no estado fresco e a resistência mecânica no estado endurecido. Por isso, é importante o estudo de sua granulometria que é obtida através do ensaio de peneiramento, em que é possível verificar as porcentagens retidas e acumuladas, na qual são usadas para encontrar o módulo de finura. Essa propriedade está associada com a área superficial do agregado, que influenciará a quantidade de água utilizada para diferentes consistências (AMBROZEWICZ, 2012). O ensaio para a determinação da composição granulométrica do agregado é descrito pela NBR NM 248 (ABNT, 2003) em que é feito a

secagem, proporcionamento e o peneiramento. A partir dos resultados obtidos é possível determinar as propriedades dos agregados miúdos e graúdos como a massa específica e a massa unitária.

Os agregados provêm de rochas que sofrem processos distintos de metamorfismo, na qual a rocha matriz e sua composição mineralógica, processos físicos e químicos o qual foram submetidos, definem suas principais características (ROHDEN, 2015). Se encontrados diretamente particulados na natureza denominam-se de origem natural como as areias e cascalho, porém após passar por processos industriais de particulação denomina-se de origem industrial. Cada agregado possui diferentes dimensões em suas partículas dividindo-se em graúdos e miúdos. Essas agregados podem ser leves, médios ou pesado definidos segundo seu peso específico aparente (BAUER, 2018).

Agregados graúdos são aqueles em que sua granulometria fica retida na peneira nº 4 que possui abertura de 4,75mm e agregados miúdos são os demais que passam nessa abertura até ficarem retidos na peneira nº 200 que possui abertura de 75 $\mu$ m. Os diferentes tipos de granulometria dos agregados, como demonstrado na Figura 1, tem influência direta sobre a trabalhabilidade do concreto e juntamente com a granulometria, a massa específica e o teor de umidade dos agregados, são os três principais fatores que definem as dosagens do concreto. Essas informações são de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009).

**Figura 1:** Agregados graúdos e miúdos



**Fonte:** Dossiê Técnico ABNT (2019)

Outro fator que também tem influência sobre a trabalhabilidade do concreto é a forma ou textura superficial do agregado, pois partículas alongadas, angulosas e de textura áspera demandam uma maior pasta de cimento para atingir uma trabalhabilidade semelhante à

dos concretos produzidos com agregados de partículas lisas e mais arredondados (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

### 2.2.3 Água de Amassamento

Á água utilizada no concreto tem duas funções principais. Tem-se a água de amassamento que ajuda o concreto a garantir uma boa trabalhabilidade, e outra parte que contribui para o desenvolvimento de reações químicas como a hidratação do cimento (BRITO et al., 2020). Há possibilidades de existirem impurezas na água de amassamento, que não influênciam significativamente na resistência à compressão do concreto, porém, agressões nocivas ao concreto podem ocorrer devido ações permanentes dos agentes agressivos contidas na água depois do endurecimento, o que tem impacto mais relevante, ao contrário do processo de amassamento (FILHO, 2014). A NBR 15900 (ABNT, 2009) é subdividida em 11 partes onde tratam de requisitos, procedimentos de avaliação, ensaios e análises químicas da água de amassamento.

### 2.2.4 Aditivos Químicos

Aditivos são substâncias adicionadas à composição do concreto, podem ser adicionados antes ou durante a mistura do concreto na betoneira, no qual visa-se melhorar certas características e propriedades. Em vários países, principalmente nos desenvolvidos, a utilização de concreto sem aditivos tem se tornado cada vez mais raro. Portanto, é estimado que 80 a 90% de todo o concreto utilizado nesses países contenham aditivos ou adições. É importante destacar que corrigir possíveis defeitos que o concreto venha a ter, não é função dos aditivos (PETRUCCI, 1998; MEHTA; MONTEIRO, 2014; NEVILLE, 2016).

De maneira prática, os aditivos químicos podem ser classificados de acordo com a sua finalidade. As principais finalidades dos aditivos químicos são a alteração da trabalhabilidade, modificação do tempo de pega, alteração da resistência mecânica, impermeabilização, dentre outras (BAUER, 2008). Os plastificantes e superplastificantes alteram a trabalhabilidade do concreto conferindo uma melhora na plasticidade de concretos e argamassas. A diferença entre os dois se dá somente pela porcentagem de redução de água que chega até 5% nos plastificantes e de 20 a 30% nos superplastificantes. Tais características contribuem positivamente para uma melhor compactação com menos gasto de energia,

diminuição da retração devida à redução na quantidade de água, e aumento na resistência com menos aglomerantes (PETRUCCI, 1998; MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Os aditivos que alteram o tempo de pega podem agir como retardadores ou aceleradores. Esses efeitos podem ser bastante benéficos tratando-se de aceleradores, principalmente em casos de necessidade de desformas rápidas, obras submersas e em climas frios. No caso dos retardadores, demonstram-se vantajosos para temperaturas elevadas, transporte do concreto por longos períodos e concretagem de grandes peças (TOILLIER, 2017).

Os incorporadores de ar possibilitam, melhor trabalhabilidade e coesão dos sistemas, redução da tendência à exsudação e cargas sobre a estrutura, além de maior resistência a ciclos de gelo-degelo, reduzindo ainda o consumo de cimento. Para fins comerciais são classificados de acordo com a sua aplicação, entretanto, é mais compreensível classificá-los segundo sua estrutura molecular, já que um único aditivo pode ser utilizado em variadas aplicações. Devido a uma boa interação com o cimento e baixo custo, os mais utilizados na construção civil são os dissociativos aniônicos (ROMANO; CINCOTTO; PILEGGI, 2018). Já os aditivos impermeabilizantes ou hidrofugantes tem por função principal aumentar a estanqueidade do concreto à água, seja por fechamento dos poros ou por repulsão da água. Esse aditivo químico não causa alterações significativas no concreto no estado fresco, porém no estado endurecido, causa apenas no que diz respeito as propriedades de absorção de água (GAVA; GASQUES; RIGO, 2016).

#### 2.2.5 Adições Minerais

Diferente dos aditivos químicos, que alteram as características do concreto sem alterar as suas proporções, as adições minerais somam-se ou substituem parcialmente o cimento, devido às suas características semelhantes, alterando também as características do concreto. As adições mais estudadas são as cinzas volantes, sílica ativa e resíduos agroindustriais, onde do ponto de vista ambiental geram grandes benefícios. Os principais impactos positivos no concreto causados pelas adições, estão no acréscimo de resistência, até mesmo com um menor volume de cimento na composição. Além disso, no âmbito microestrutural, tem-se uma melhor definição da matriz global da estrutura com uma menor porosidade, o que contribui na inibição de agentes agressivos. Consequentemente, junto com o aumento da resistência mecânica, tem-se um concreto mais durável (PEREIRA et al., 2015).

As adições minerais causam alterações nas propriedades do concreto tanto no estado fresco quanto no endurecido. No estado fresco, alteram a coesão e a viscosidade, principalmente com adições de sílica ativa, metacaulim e cinza de casca de arroz. Esse fenômeno ocorre principalmente porque o diâmetro médio dessas adições é inferior ao do cimento. Quando o diâmetro médio das adições é semelhante ao do cimento, que é o caso da cinza volante, favorece a diminuição da exsudação. Já no estado endurecido as adições minerais causam melhorias na resistência à compressão e à tração do concreto, principalmente em pozolanas mais ativas. Essas mudanças ocorrem devido à redução da porosidade do concreto (DAL MOLIN, 2005).

O campo de aplicação das adições minerais é amplo e podem ser utilizadas em concretos pré-moldados, pré-fabricados, construções de grande porte, recuperação de estruturas, pavimentos, dentre outros. Com crescimento acelerado da construção civil, as adições minerais têm sido utilizadas amplamente em ambientes potencialmente agressivos, como em ambientes marinhos, locais de climas extremos, estruturas de armazenagem e produção de gás e petróleo e reatores nucleares. O concreto com adições minerais são fundamentais para aumentar a durabilidade do concreto em tais ambientes (FONSECA, 2010).

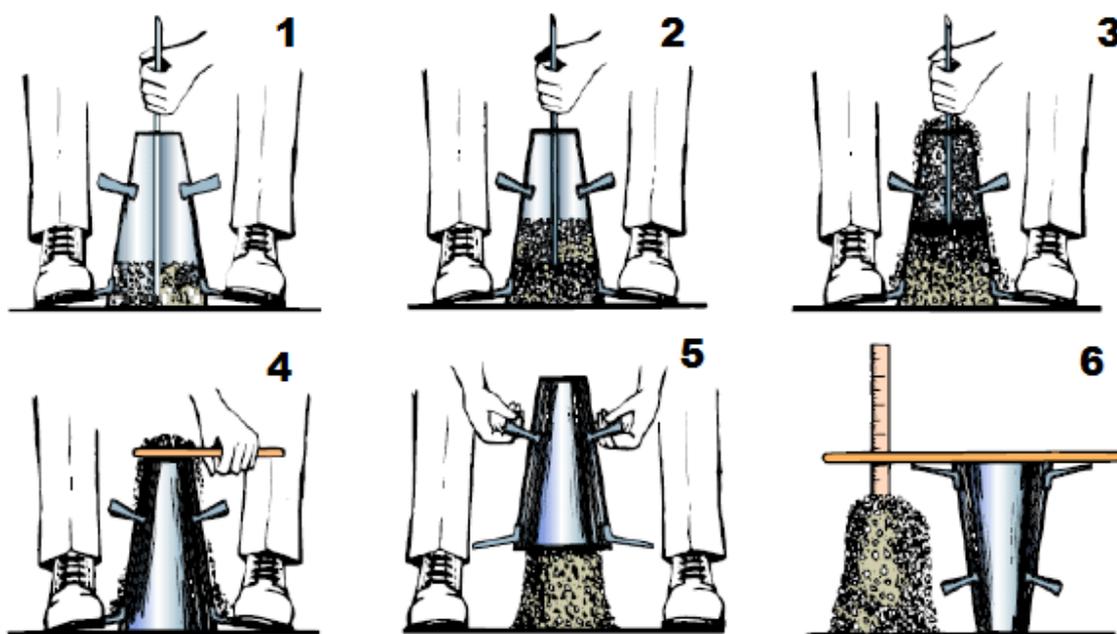
### 2.3 – Propriedades do Concreto

O concreto de cimento Portland pode ser dividido em duas fases distintas, onde a primeira fase denominada de concreto fresco tem um período de tempo que varia em geral de 1h a 5h. Essa fase compreende o tempo de mistura, transporte, lançamento e adensamento. A segunda fase denomina-se a fase do concreto endurecido que é iniciada com a hidratação do cimento prolongando-se por toda a vida útil do concreto (HELENE; ANDRADE, 2010).

A trabalhabilidade é uma das propriedades mais importantes do concreto no estado fresco. É importante observá-la, visto que é uma propriedade básica do concreto, e caso não seja atendida, pode resultar na dificuldade de lançamento e adensamento do mesmo, gerando uma resistência diferente da especificada pelo projetista (NETO, 2015). O termo trabalhabilidade tem uma variação dependendo da literatura ou do autor, onde todas são de caráter qualitativo. A facilidade do adensamento influenciada pela trabalhabilidade é importante para a obtenção de um concreto com o mínimo de vazios possíveis, visto que os vazios reduzem consideravelmente a resistência do concreto, que pode chegar a ser 30% menor com 5% de vazios, e 10% menor com apenas 2% de vazios (NEVILLE, 2016).

O mesmo autor cita outro termo que descreve o concreto em sua condição fresca, que é a consistência, na qual está relacionada à firmeza da forma ou facilidade no qual ela flui. A ACI descreve consistência como mobilidade relativa ou a capacidade do concreto fluir quando recém misturados, essa propriedade é medida pelo ensaio de abatimento de tronco de cone (Figura 2), entre outros. A consistência é o principal fator que influencia na trabalhabilidade, por isso foram desenvolvidos vários métodos e equipamentos para a medição da mesma, apesar disso, não medem de maneira direta as propriedades reológicas fundamentais do concreto no estado fresco (BAUER, 2018).

**Figura 2:** Ensaio de Abatimento de tronco de cone



Fonte: MEHTA; MONTEIRO (2014)

Amplamente difundido na construção civil pela sua simplicidade, a realização do ensaio consiste da necessidade de um molde de metal em forma de tronco de cone oco, haste de adensamento, régua ou trena metálica e uma concha de seção U para o enchimento da fôrma. O molde deve ter o diâmetro da base inferior de  $200\text{mm} \pm 2\text{mm}$ , diâmetro da base superior de  $100\text{mm} \pm 2\text{mm}$  e altura de  $300\text{mm} \pm 2\text{mm}$ . A haste metálica deve possuir uma superfície lisa com  $16\text{mm} \pm 2\text{mm}$  de diâmetro com o comprimento de 600mm a 800mm. A placa da base pode ser tanto quadrada como retangular e deve ser plana com nenhuma dimensão inferior a 500mm e espessura igual ou superior a 3mm. A régua ou trena metálica deve possuir no mínimo 30cm de comprimento. Todas essas especificações são de acordo com a NBR 16889 (ABNT, 2020).

Ainda segundo a NBR 16889 (ABNT, 2020), os 6 passos da Figura 2 são descritos detalhadamente. Ela fornece algumas recomendações como, antes da colocação do molde sobre a base, ambos devem ser umedecidos e que todo o ensaio deve ser realizado sem interrupções e ser completo num intervalo de 150s. A duração máxima do ensaio de ser de 10 minutos desde a coleta da amostra até o desmolde.

Na avaliação dos resultados pelo ensaio do abatimento do tronco de cone o teor de água na mistura seca é o maior influente na consistência do concreto, no qual é relacionado com o peso da mistura de cimento e agregados, expresso em porcentagem. Outros fatores influentes na consistência são a granulometria e forma dos grãos dos agregados. Fixando o fator teor de água/mistura seca, e modificando a granulometria, observa-se a diferença na plasticidade da mistura. Além do ensaio do abatimento do tronco de cone, vale apenas mencionar outros ensaios que medem a consistência do concreto como o ensaio de penetração, escorregamento, compactação e remoldagem (BAUER, 2018).

Após o estado fresco, o concreto entra em sua fase endurecida na qual possui uma extensa gama de propriedades, destacando-se a resistência mecânica. A resistência à compressão é o esforço solicitante predominante em toda a vida útil da estrutura. Esse esforço principal sofre pequenas variações dependendo do elemento estrutural, como as vigas, por exemplo, que são mais solicitadas a esforços de tração na flexão. A resistência à compressão é obtida em ensaio de corpos de prova cilíndricos moldados e curados de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2016) e sua ruptura é feita conforme a NBR 5739 (ABNT, 2018). A resistência à tração e à flexão são verificados conforme a NBR 7222 (ABNT, 2011) e NBR 12142 (ABNT, 2010), respectivamente. As Figuras 3, 4, 5 e 6 ilustram os ensaios citados anteriormente.

**Figura 3** - Moldagem dos corpos de prova cilíndricos



Fonte: Autor (2021)

**Figura 4** - Ensaio de ruptura axial do corpo de prova cilíndrico



Fonte: CHIES (2011)

**Figura 5** – Ensaio de ruptura a compressão diametral



Fonte: MENDES (2016)

**Figura 6** - Ensaio de ruptura a flexão de protótipo de viga



Fonte: MUNIZ (2018)

Alguns fatores influenciam na resistência à compressão do concreto na estrutura, como a segregação que pode ocorrer em elementos estruturais de maior altura, o que faz com que haja uma tendência da água e do ar subirem para as partes mais altas do elemento estrutural, reduzindo a resistência do concreto nessa região. Pode ocorrer por exemplo na superfície de vigas e lajes, ou no topo de pilares. A cura inadequada também pode reduzir a resistência à compressão do concreto em até 10%, como também o calor de hidratação em grandes peças que pode reduzir em até 23% e a microfissuração que pode reduzir em até 11%, ocasionadas por carregamento e decimbramentos precoces, ou impactos a baixa idade (HELENE, 2011).

## 2.4 - Métodos de dosagem do concreto

### 2.4.1 – Método IPT/EPUSP ou IBRACON

Desenvolvido inicialmente pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), a Escola Politécnica da USP desenvolveu uma atualização que ficou conhecida como método de dosagem IPT/EPUSP, que é um método simples que se difundiu pelo Brasil. Esse método está embasado em ideias que foram desenvolvidas originalmente pelo professor Eládio Petrucci, que tem por característica principal permitir o uso de agregados que estão disponíveis para a produção do concreto a ser utilizado na obra, sem enfatizar muito a composição granulométrica. O método avalia características como trabalhabilidade geral do concreto de forma qualitativa, consistência do concreto,  $f_{ck}$ , diâmetro máximo do agregado, proporções de areia e pedra britada, sendo a relação  $a/c$  o parâmetro mais importante (BOLINA et al., 2012; SILVA, 2020).

O método de dosagem baseia-se na determinação experimental de um teor de argamassa ideal para o recobrimento do agregado graúdo que foi utilizado, no qual basicamente divide-se em duas fases. As duas fases respectivamente são a determinação do teor de argamassa ideal e o traçado de um ábaco de dosagem. Na primeira etapa são produzidos minimamente 3 misturas experimentais, a partir de um valor de abatimento pré-estabelecido. O ponto de partida é um traço piloto 1:m, em que “m” são os teores unitários de areia e brita somados. Esses valores podem ser definidos arbitrariamente dentro dos limites ( $3 \leq m \leq 8$ ). Após a determinação do traço piloto, esse é subdividido, encontrando-se as quantidades relativas de agregado graúdo e miúdo. Para a fase 2, inicia-se uma sequência de processos até a construção de um ábaco de dosagem, compostos pelas curvas das Leis de Abrams, Lyse e Molinari. De maneira eficaz e clara, o método permite a relação entre os parâmetros de dosagem do concreto (TORALLES *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2020).

Em relação ao método ABCP/ACI, o método de dosagem IPT/EPUSP apresenta-se com uma complexidade um pouco maior em sua realização, e segundo os estudos feitos por Nascimento (2019) ouve uma economia no custo de materiais secos de 3,24% em relação ao ABCP/ACI, mas que, esse percentual pode sofrer alterações de acordo com a quantidade de concreto requerido. De forma experimental o método procura encontrar a melhor proporção dos agregados do traço. Na Figura 7 estão os principais passos do método IPT/EPUSP.

#### **Figura 7 - Passos Principais do método IPT/EPUSP ou IBRACON**

Escolher a dimensão máxima característica do agregado graúdo compatível com os espaços disponíveis entre armadura e fôrma do projeto de estrutura.

Escolher o abatimento compatível com a tecnologia disponível

Estabelecer a resistência média que deseja alcançar na idade especificada, resistência de dosagem.

Escolher como mínimo três diferentes traços em massa seca de cimento: agregados que contenham ou estejam próximos ao traço resposta pretendido (1: m-1) (1:m) (1:m+1).

Misturar os demais traços para verificar o mesmo abatimento com distintas relações a/c, mantendo fixo  $\alpha$  e H do traço intermediário otimizado anteriormente. Recomenda-se os traços (m-1) e (m+1) nos casos correntes. Nos casos de CAR(HSC), esse intervalo deve ser maior, de ordem de  $(m \pm 0,4)$ . Moldar os corpos de prova para os ensaios em concreto endurecido.

Misturar em laboratórios, os traços (1:a:p) para o traço intermediário (1:m), com base na busca do traço ideal entre cimento, adições, agregados miúdos, agregados graúdos, e aditivos, para lograr uma trabalhabilidade especificada. Para produzir o primeiro traço em laboratório, variar o conteúdo de argamassa seca em massa, começando com  $a=0,3$  e subindo esse conteúdo de 0,02 em 0,02 até encontrar o ponto ótimo por meio de observações, visuais do traço, combinadas como manuseio do traço com colher de pedreiro, em laboratório.

Verificar resistência e demais requisitos nas idades especificadas.

Construir os diagramas de dosagem e de desempenho (opcional) específico a essa família de concretos.

Obter o traço otimizado a partir do Diagrama de Dosagem entrando com a resistência média requerida ou outra propriedade ou requisito desejado.

**Fonte:** TUTIKIAN E HELENE (2011)

#### 2.4.3 – Método ABCP/ACI

No ano de 1984, de autoria do Eng. Públio Penna Firme Rodrigues, foi publicado pela Associação Brasileira de Cimento Portland o método ABCP, em um estudo técnico chamado “Parâmetros de Dosagem do Concreto”, que foi revisado em 1995. Foi baseado na norma ACI 221. 1-81, adaptando o método americano às condições brasileiras. A partir de valores médios de resultados experimentais, o método considera gráficos e tabelas, no qual se torna uma ferramenta boa para dosagem de concretos convencionais adaptada para os materiais mais utilizados em diversas regiões do Brasil (BOGGIO, 2000).

A abrangência do método ABCP/ACI é para concretos de resistência à compressão de 15 à 40 MPa e relações a/c na faixa de 0,39 à 0,79. Considera-se como vantagem do método o fornecimento de um baixo teor de areia, que por consequência é mais econômico e visualmente possibilita a verificação se a mistura está argamassada em bons ou maus níveis. Uma desvantagem do método é que todos os tipos de materiais que podem ser encontrados, não são abrangidos pelas tabelas, como também quando o fck obtido não está de acordo com o esperado, faz-se necessário uma nova dosagem, que resulta uma nova relação a/c que mudara a trabalhabilidade e o teor de argamassa (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

Esse método é recomendado quando visa-se atingir uma consistência semi-plástica a fluida, que é uma trabalhabilidade favorável para concretos moldados in loco. Antes

da aplicação do método, recomenda-se a criação de uma mistura experimental para verificar alguns parâmetros de qualidade, sendo necessário informações prévias sobre os materiais utilizados (MALTA, 2012). Na Figura 8 estão os principais passos do método ABCP/ACI.

**Figura 8** – Passos principais do método ABCP/ACI

Definição da consistência do concreto através do ensaio do abatimento do tronco de cone prescrito pela NBR 16889 (ABNT, 2020).

Definição do diâmetro máximo característico do agregado de acordo com as dimensões das peças estruturais.

Definição da quantidade da água de amassamento expressa em  $l/m^3$  em função do agregado escolhido e a consistência obtida.

Fixação da relação a/c com o auxílio da curva de Abrams.

Determinação do consumo de cimento do traço (C) por  $m^3$  com base no consumo de água.

Determinação da quantidade de areia do traço em kg pelo método volumétrico, que admite que o volume de concreto é a soma dos volumes absolutos do cimento, da água, dos agregados e do ar aprisionado.

Apresentação do traço em massa, em função das relações dos diversos componentes em relação a massa do cimento.

**Fonte:** BOGIOO (2000, com adaptação)

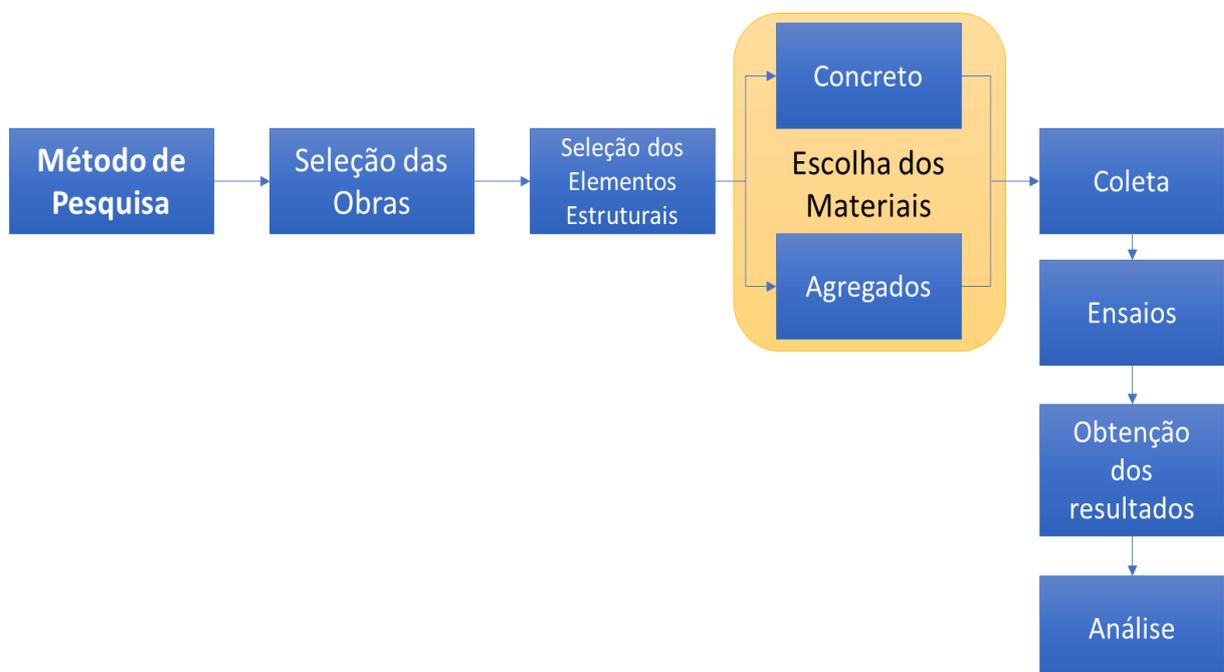
Diante da evolução dos materiais de construções e técnicas construtivas, ocasionou o surgimento de métodos mais precisos e simplificados para a criação de traços definitivos. Logo, esse método tem sido mais utilizado para a obtenção de um traço-base para a moldagem dos corpos de prova utilizado para o ensaio de resistência, consistência e durabilidade, para com os resultados obtidos realiza os devidos ajustes de dosagem necessários (GASPARIN, 2017).

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa traz uma abordagem qualitativa, que visa atingir uma profunda compreensão de uma situação, e quantitativa, que visa fazer uma mensuração precisa de algo. Teve objetivo causal-explanatório, caracterizado pela preocupação de como uma variável produz mudanças em outra. Em relação à classificação da pesquisa, pode ser categorizada como um estudo de caso, que é uma tentativa de estudar as principais características do tema da pesquisa (COOPER; SCHINDLER, 2016; SANTOS, 2016; CARVALHO, 2012).

As etapas dos assuntos que serão abordados a seguir, estão demonstradas no fluxograma da Figura 9.

**Figura 9** – Etapas do método de pesquisa



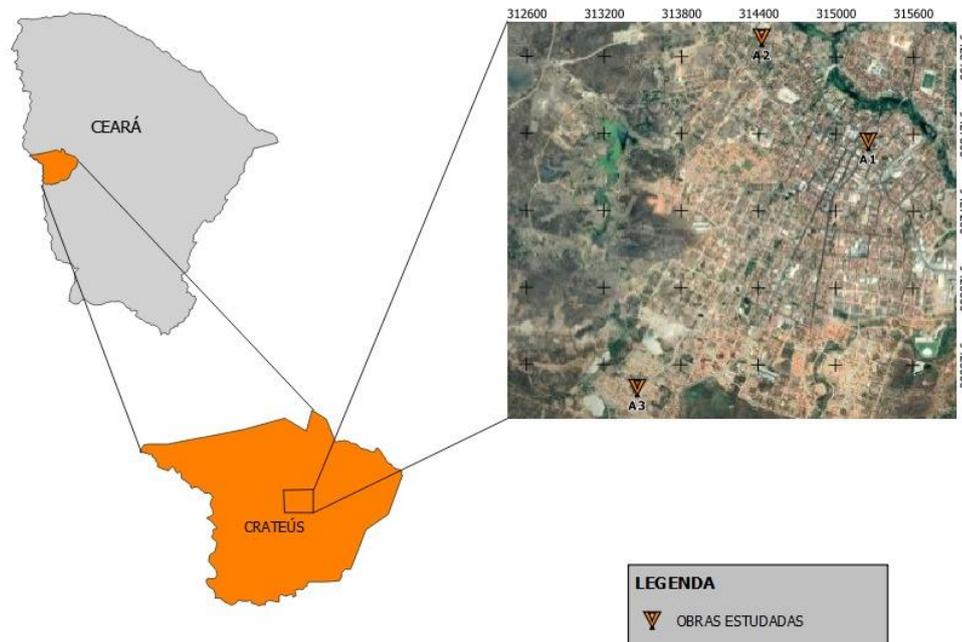
Fonte: Autor (2021)

#### 3.1 Seleção das obras

A escolha das obras teve como critério principal a localização, isto é, selecionou-se obras situadas na zona urbana da cidade de Crateús – CE. Além disso, era necessário estar em fase de execução, com o serviço de concretagem previsto para o período do acompanhamento, sendo possível coletar informações desde a estocagem de materiais até a execução do concreto armado. Nas três unidades selecionadas, buscou-se fazer estudos em um único tipo de elemento estrutural por obra, sendo diferentes entre si quanto a função, visando

obter uma amostra de maior variabilidade do concreto estrutural tipicamente utilizado na cidade. No mapa da Figura 10 estão indicadas as localizações das obras estudadas.

**Figura 10** – Mapa da cidade de Crateús com a localização aproximada das obras estudadas



**Fonte:** Autor (2021)

Segundo um estudo realizado por Diógenes (2019), as obras frequentemente encontradas na cidade são edificações de financiamento público, edificações comerciais e residenciais privadas. Nesse estudo, foram investigados apenas obras privadas, sendo uma residencial e duas comerciais. As mesmas serão identificadas como obras A1, A2 e A3, executadas pelas empresas B1, B2 e B3, respectivamente.

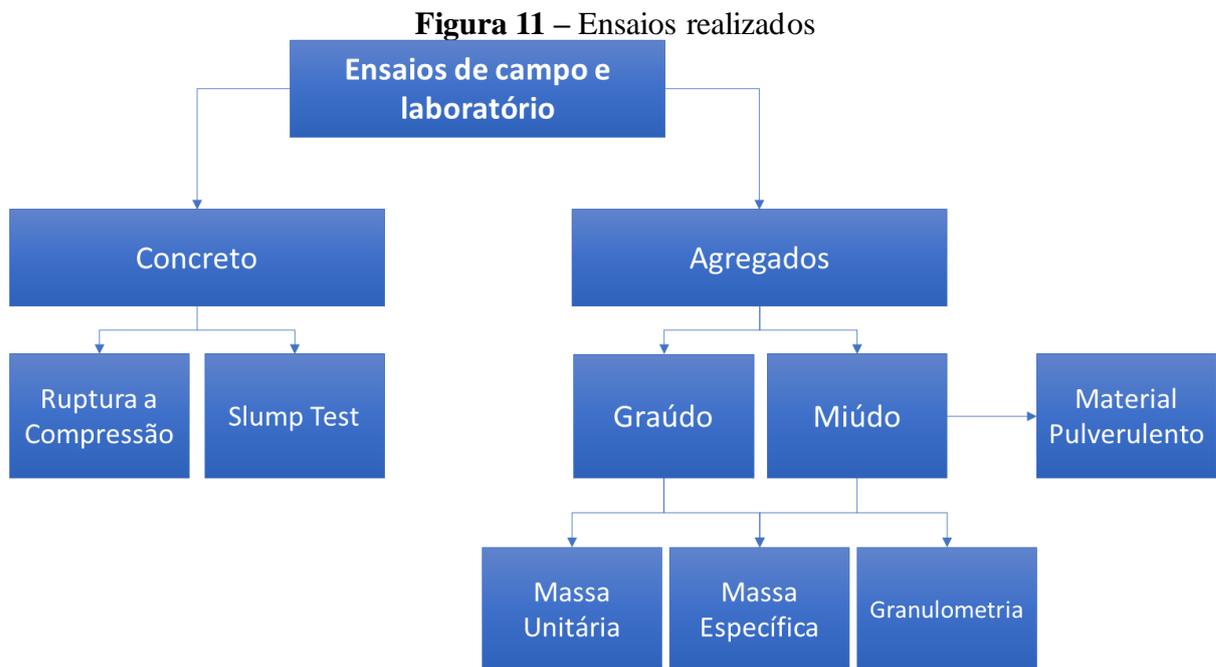
### 3.2 Métodos de pesquisa

A coleta de dados foi realizada durante o período de agosto a outubro de 2021, quando foram feitas visitas técnicas às obras e acompanhamento semanal. As informações sobre as características das empresas construtoras foram obtidas através da aplicação de um questionário com os construtores responsáveis pelas obras estudadas, que se encontra no ANEXO A.

Também foram realizados registros fotográficos e observações visuais. Além disso, foram realizadas medições dos elementos estruturais estudados e da obra. Nos casos que não haviam projetos arquitetônicos, foram produzidos os croquis das edificações, em seguida,

executou-se o mapa de concretagem, de modo a rastrear os elementos estruturais que tiveram seus concretos investigados por meio de ensaios de qualidade.

Os ensaios de qualidade aplicados aos concretos foram: o ensaio da determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone determinado pela NBR 16889 (ABNT, 2020) e a determinação da resistência à compressão segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015). De forma complementar, foram coletadas amostras dos agregados para ensaios de caracterização, conforme mostra o fluxograma de ensaios realizados visto na Figura 11.



**Fonte:** Autor (2021)

A seguir serão detalhados a metodologia de execução dos ensaios de qualidade tanto dos agregados como para o concreto.

### 3.2.1 Amostragem de Agregados

Em cada obra, coletou-se amostras de agregados graúdos e miúdos por meio de quarteamento das amostras até alcançar uma quantidade necessária para a realização dos ensaios, conforme a NBR 16915 (ABNT, 2021). Na Figura 12 são apresentadas as amostras sendo quarteadas e armazenadas.

**Figura 12** – Quarteamento do agregado miúdo: a e c) areia natural; b e d) pedra britada



Fonte: Autor (2021)

Os agregados foram armazenados em recipientes adequados e limpos, depois disso, foram estocados em um lugar livre de intempéries, até o dia de transporte para o laboratório da UFC Campus Crateús.

### 3.2.2. Ensaio realizado no concreto

Durante a concretagem dos elementos estruturais selecionados para análise do concreto, foram moldados corpos de prova de dimensões 10 cm x 20 cm (diâmetro x altura), conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015). Também foi executado o ensaio do abatimento do tronco de cone de acordo com a NBR 16889 (ABNT, 2020). A aparelhagem para a realização dos ensaios de acordo com as normas técnicas, foram cedidas pelo laboratório de materiais de construção civil da UFC Campus Crateús. A execução dessas etapas está demonstrada na Figura 13.

**Figura 13** – Ensaio do abatimento de tronco e corpos de prova moldados

Fonte: Autor (2021)

A formação de lotes seguiu uma recomendação de Lima, Silva e Alves (2022), que orienta para obras de pequeno volume de concreto, em cidades interioranas, seguir o método de amostragem parcial para casos excepcionais, cujos lotes tenham menos de 10 m<sup>3</sup> de concreto, da NBR 12655 (ABNT, 2015). Na Tabela 2 em seguida mostra-se um resumo dos elementos concretados, juntamente com a quantidade estimada de concreto produzido e a formação de lotes.

**Tabela 2** – Dados sobre a coleta do concreto estudado

Obra	Lote/elemento concretado	Volume estimado de concreto (m <sup>3</sup> )	Quant. betonadas/amassadas	Exemplares para ensaio	Quant. corpos de prova
A1	Vigas de Fundação	2,8249	12	2 <sup>a</sup> , 7 <sup>a</sup> e 10 <sup>a</sup> betonada	6
A2	Laje Pré-moldada	2,1025	12	3 <sup>a</sup> , 6 <sup>a</sup> e 11 <sup>a</sup> mistura	6
A3	Vigas	0,5125	3	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> betonada	6

Fonte: Autor (2021)

O método aponta que devem ser moldados de três a cinco exemplares, onde um exemplar é formado por no mínimo dois corpos de prova da mesma betonada, de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015). Cada exemplar foi formado por dois corpos de prova, e foram escolhidos um total de 3 exemplares para cada umas das obras. Os corpos de prova foram moldados conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015). Após 24 horas foram desformados e colocados em cura úmida, como demonstram as Figuras 14 e 15.

**Figura 14** – Cura Úmida: Obra A1 e A2

Fonte: Autor (2021)

**Figura 15** – Cura Úmida: obra A3

Fonte: Autor (2021)

Após os 28 dias de cura úmida, os corpos de prova foram rompidos à compressão, como mostra a Figura 16, o ensaio foi realizado no Laboratório de Materiais de Construção Civil da UFC Campus de Fortaleza. Seguiu-se as diretrizes da NBR 5739 (ABNT, 2018).

**Figura 16** – Ensaio de Resistência a Compressão

Fonte: Autor (2021)

Para o caso do método de amostragem parcial em casos excepcionais, a resistência característica é calculada pela equação (1). O valor de  $\psi_6$  é dado pela Tabela 3, definido pela NBR 12655 (ABNT, 2015) e o valor de  $f_1$  é a resistência do exemplar que possui o menor valor. A condição de preparo A significa que é aplicável a todas as classes de concreto.

$$f_{ck, est} = \psi_6 * f_1 \quad (1)$$

**Tabela 3** – Valores de  $\Psi_6$  de acordo com o número de exemplares

Condição de Preparo	Número de exemplares (n)										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
<b>A</b>	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1	1,02
<b>B ou C</b>	0,75	0,8	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1	1,02

Nota: Os valores n entre 2 e 5 são empregados em casos excepcionais como utilizado nesse trabalho

Fonte: NBR 12655 (2015)

### 3.2.3 Caracterização dos agregados

Para os agregados, o primeiro ensaio a ser realizado foi o da determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman, que se baseou na norma ME 194 (DNER, 1998). A massa específica do agregado graúdo foi realizada conforme a NBR NM 53 (ABNT, 2009) pelo método da balança hidrostática. Também foi realizado o ensaio de determinação da massa unitária e do índice de vazios de acordo com a NBR 16972 (ABNT, 2021). Utilizou-se do método C da norma, e este ensaio é o mesmo tanto para o agregado graúdo como miúdo, como demonstra a Figura 17.

**Figura 17** – Ensaio de Massa unitária

Fonte: Autor (2021)

Também, realizou-se o ensaio de granulometria para os agregados graúdos e miúdos, como demonstra a Figura 18. O ensaio foi feito de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003). As especificações de agregados para concretos são classificadas conforme a NBR 7211 (ABNT, 2009).

**Figura 18** – Peneiramento de agregados



Fonte: Autor (2021)

Após a obtenção dos resultados, realizou-se a análise granulométrica, comparando a faixa granulométrica dos agregados coletados, com os limites aceitáveis pela NBR 7211 (ABNT, 2009).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização das empresas

A empresa B1 atua na construção civil há 18 anos com construção e reformas, principalmente na cidade de Crateús e região, com obras de pequeno e médio porte. Possui 45 funcionários, sendo em sua maioria assalariados quinzenalmente de maneira informal, e alguns com registro em carteira de trabalho, conforme a Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT). A empresa trabalha tanto com obras públicas como privadas e também terceiriza alguns serviços em suas obras, como acabamentos, instalações hidráulicas e instalações elétricas.

A empresa B2 está no mercado há 11 anos trabalhando com construção e reformas de obras de pequeno e médio porte, com atuação na cidade de Crateús e região. Além disso, a

empresa conta com outros empreendimentos ligados ao setor de construção civil como venda de materiais e aluguel de equipamentos construtivos, por exemplo. Trabalha tanto com obras públicas e privadas e possui 15 funcionários que são assalariados pelo regime CLT e uma quantidade de funcionários informais variáveis que depende da demanda das obras.

A empresa B3 está no mercado há 11 anos, trabalhando com construção e reformas de médio e pequeno porte, somente na cidade de Crateús. Trabalha exclusivamente com obras privadas e possui 22 funcionários, sendo todos pagos semanalmente de maneira informal. Possui funcionários para a maior parte das etapas de construção em suas obras, terceirizando poucos serviços como alguns acabamentos e a parte de projetos técnicos, por exemplo.

#### 4.2 Caracterização das edificações

A obra A1 está localizada em um bairro central na cidade de Crateús, trata-se de uma edificação comercial com um pavimento superior e um pavimento térreo, cuja área total construída é 335,62 m<sup>2</sup>. É um empreendimento comercial executado pela empresa B1, onde possui 9 funcionários. A obra possui os seguintes projetos: arquitetônico, hidráulico, estrutural e elétrico. A Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) foi emitida por um engenheiro civil local. O elemento estrutural estudado para essa obra foram vigas de fundações, que se encontravam sobre uma camada de alvenaria, como demonstrado na Figura 19, em seus encontros nasciam pilares que estavam ligados às sapatas isoladas.

**Figura 19** - Armação da viga de fundação antes da concretagem da Obra A1



Fonte: Autor (2021)

A obra 2 situa-se em um bairro localizado a 800 m do centro, trata-se de uma reforma residencial onde ocorreu uma ampliação da edificação pré-existente. Tal edificação possuía área construída de 93,53 m<sup>2</sup> e foram adicionados 22,18 m<sup>2</sup> de área, dentro de um terreno de área total de 162,40 m<sup>2</sup>. Essa reforma foi realizada pela empresa B2 com um total de 5 funcionários no dia da concretagem, porém nos demais dias essa quantidade de funcionários foi diminuída para apenas 2. A reforma não possuía projeto, assim como, não possuía ART.

O elemento estrutural avaliado nessa obra foi uma laje pré-moldada com vigotas treliçadas, conhecida também como laje valterrana, a qual tem uso predominante na região para obras residenciais e comerciais de pequeno porte. Os espaços entre as vigotas foram preenchidos por EPS como demonstrado na Figura 20, que é um dos materiais mais utilizados para este tipo de laje na região, juntamente com o tijolo cerâmico. A laje possuía 26,30 m<sup>2</sup> e posteriormente, irá abrigar uma caixa d'água para abastecimento da ampliação executada.

**Figura 20** – Laje pré-moldada da obra A2



**Fonte:** Autor (2021)

Por fim, na obra A3 tem-se um empreendimento comercial de múltiplos apartamentos de 2 pavimentos e 1 térreo. Está localizado em um bairro localizado a 3,4km do centro, aonde começou a ser acompanhado já em uma fase estrutural avançada, em que o térreo já estava executado e o 1º pavimento já estava com quase toda a estrutura finalizada. A empresa B3 que executou esta obra, contava com 15 funcionários. Os elementos estruturais acompanhados foram algumas vigas do 2º pavimento demonstradas na Figura 21.

**Figura 21** – Vigas concretadas da obra A3

Fonte: Autor (2021)

### 4.3 Resultado dos ensaios de qualidade nos agregados e no concreto

#### 4.3.1 – Agregados

O resumo dos resultados dos valores da massa específica, massa unitária e material pulverulento, no caso do agregado miúdo, estão dispostos na Tabela 4 separados por obra. Os resultados na Tabela 4 são provenientes da média feita de duas amostras de cada agregado.

**Tabela 4** – Dados dos ensaios nos agregados

Ensaio	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )			Massa Unitária (kg/l)			Material Pulverulento (%)		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
<b>Obra</b>									
<b>Areia</b>	2,61	2,60	2,62	2,26	2,25	2,19	2,03	2,10	4,08
<b>Brita</b>	2,75	2,79	2,78	2,19	2,16	2,10	-	-	-

Fonte: Autor (2021)

As areias utilizadas nas obras apresentam massa específica igual a  $2,61 \pm 1$  não tendo grandes variações nessa propriedade. O mesmo comportamento é observado para as massas específicas das britas, cujo valores variam de 2,75 a 2,79 g/cm<sup>3</sup>. A massa unitária das areias e das britas também apresentam pequenas variações, sendo das areias entre 2,19 e 2,26 e das britas entre 2,1 e 2,19. No entanto, o teor de material pulverulento da areia utilizada na obra 3 tem aproximadamente o dobro do teor observado nas areias da obra 1 e obra 2.

Grande parte dos agregados encontrados em seu estado natural, possui massa específica entre 2,6 e 2,7 g/cm<sup>3</sup> (NEVILLE, 2016), em que demonstra que os valores da

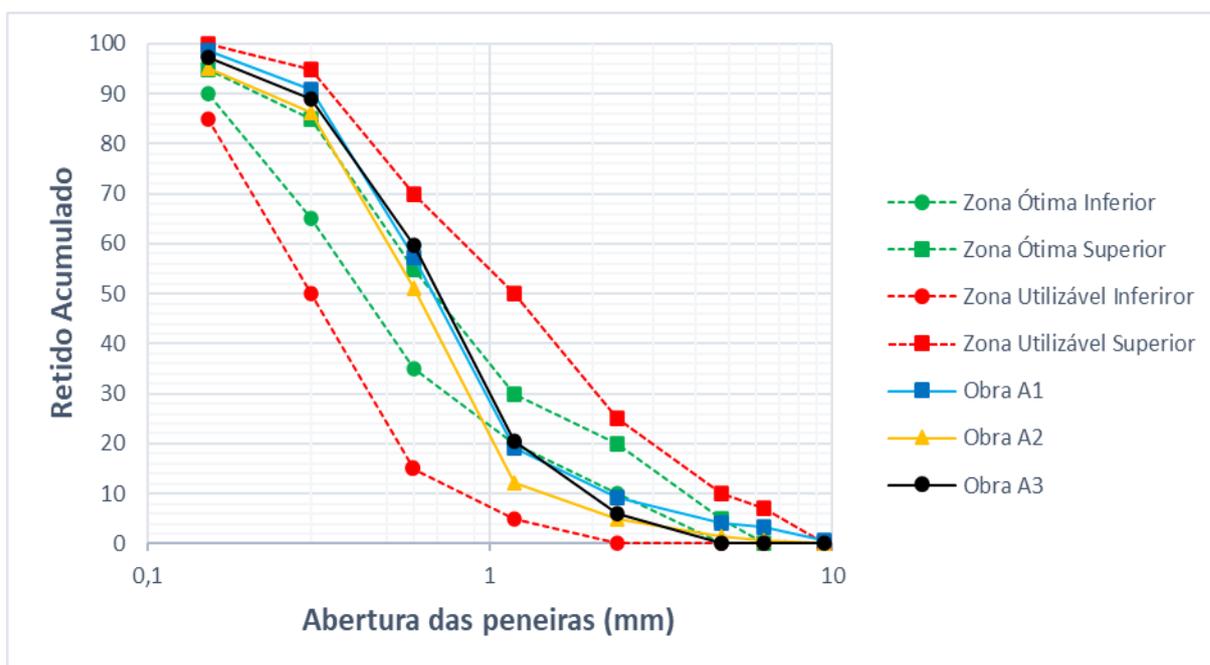
Tabela 2 estão de acordo com a literatura. Em relação à massa unitária, os agregados utilizados para a produção de concretos de peso normal, varia entre 1300 a 1750 kg/m<sup>3</sup> (MEHTA; MONTEIRO, 2014), em que os valores encontrados na Tabela 2 divergem da literatura.

A NBR 7211 (ABNT, 2011) recomenda que o material pulverulento para o concreto submetido a desgaste superficial e protegidos do desgaste superficial não sejam superiores a 3 e 5%, respectivamente, o que demonstra que as obras A1, A2 e A3 estão de acordo com a norma.

#### 4.3.1.1 Granulometria do agregado miúdo

Para as obras A1, A2 e A3, o Gráfico 1 demonstra a comparação do resultado da distribuição granulométrica das 3 obras com os valores preestabelecidos pela norma. Os resultados são compostos pela média das amostras, em que os valores utilizados estão dispostos no APÊNDICE B. As linhas pontilhadas em verde representam os limites da zona ótima, e as linhas pontilhadas em vermelho representam os limites da zona aceitável. As demais linhas contínuas representam cada obra.

**Gráfico 1** – Curva granulométrica dos agregados miúdos



Fonte: Autor (2021)

Na Tabela 5 estão informações complementares sobre o módulo de finura (MF) e o diâmetro máximo característico (DMC), do agregado miúdo das 3 obras.

**Tabela 5** – Módulo de finura e diâmetro máximo dos agregados miúdos

Agregado Miúdo			
Obra	Obra A1	Obra A2	Obra A3
<b>MF</b>	2,791	2,512	2,723
<b>DMC</b>	4,75 mm	2,36 mm	4,75 mm

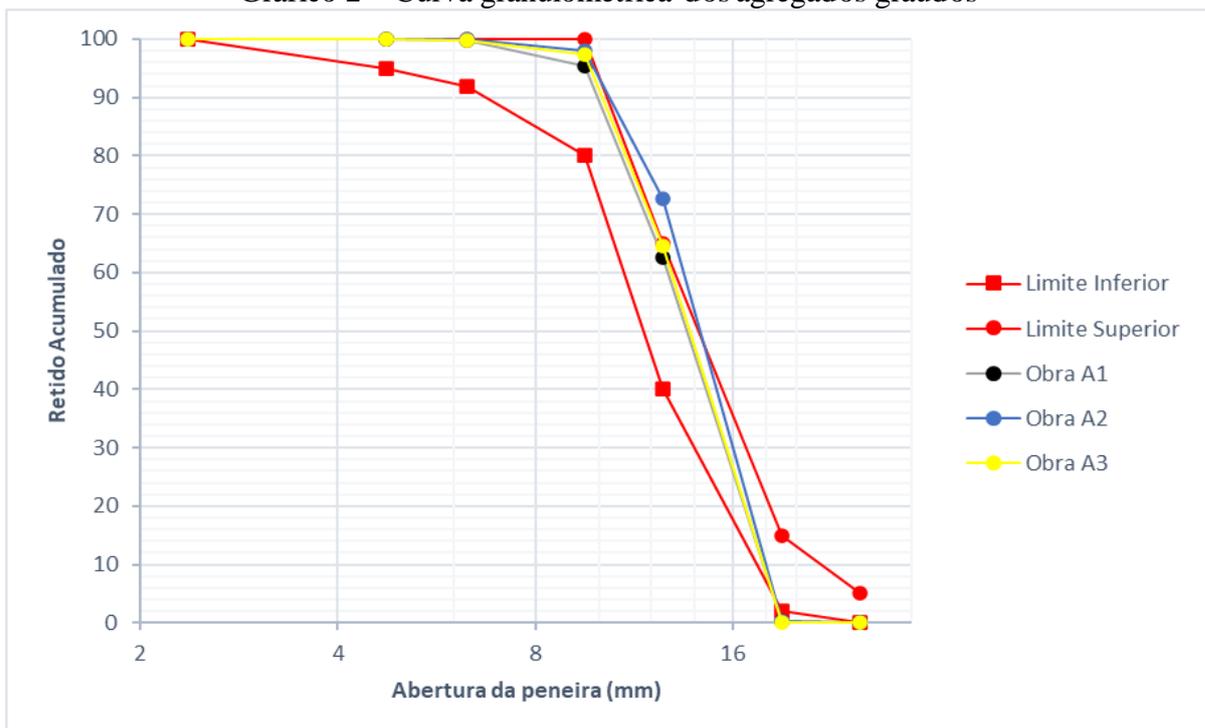
Fonte: Autor (2021)

Observou-se que em relação a granulometria do agregado, todas as 3 obras atenderam os limites preestabelecidos da NBR 7211 (ABNT, 2009) para a utilização em concreto. A areia utilizada na obra 2 tem módulo de finura e DMC inferiores, indicando uma maior concentração de partículas finas.

#### 4.3.1.2 Granulometria do agregado graúdo

Semelhantemente ao agregado miúdo, a partir dos dados contidos no APÊNDICE C, possibilitou-se através do Excel, gerar o gráfico da distribuição granulométrica do agregado graúdo e fazer a comparação com os valores limites da NBR 7211 (ABNT, 2009).

Gráfico 2 – Curva granulométrica dos agregados graúdos



Fonte: Autor (2021)

A obra A2 apresenta maior quantidade de partículas na faixa de 12 mm a 19 mm, como pode ser visto na curva que ultrapassa levemente o limite superior. No geral, todas as britas apresentam grãos entre 6,3 e 19 mm, isto está conforme a NBR 7211 (ABNT, 2019)

#### 4.4 Execução do concreto

Em termos de preparo do concreto, a obra A1 e A3 utilizaram betoneira mecânica, já a obra A2 utilizou um preparo manual. Na obra A1 foram feitos cerca de 13 betonadas de concreto na tarde do dia 12 de agosto de 2021, para encher as vigas baldrames. Na obra A2 foram feitos cerca de 12 traços manuais na manhã do dia 13 de agosto de 2021 para encher completamente a laje pré-moldada. E por fim, na obra A3 foram feitos 3 betonadas para a concretagem das vigas do primeiro pavimento na tarde do dia 31 de agosto de 2021.

Existem algumas peculiaridades no preparo do concreto que foram observados nas 3 obras: o peneiramento do agregado miúdo foi realizado somente na obra A3; todas as obras não utilizaram ferramentas de medidas graduadas para a composição do traço dos concretos, em que todas elas utilizaram baldes não graduados para a utilização da água e agregados, com exceção da obra A2 que utilizou carrinhos de mão para os agregados; nas 3 obras não ocorreu adensamento do concreto após o lançamento nas fôrmas; e, não foi realizada a cura nos dias posteriores e os tempos de desforma não foram observados.

Nas Figuras 22, 23 e 24 estão apresentados registros do preparo do concreto nas obras A1, A2 e A3, respectivamente.

**Figura 22** – Concreto da obra A1



Fonte: Autor (2021)

**Figura 23** – Concreto da obra A2



Fonte: Autor (2021)

**Figura 24** – Concreto da obra A3



**Fonte:** Autor (2021)

A água de amassamento foi fornecida pela concessionária de abastecimento. Em relação ao controle tecnológico do concreto, em nenhuma obra observou-se os procedimentos de ensaios para avaliação da qualidade do concreto, como a moldagem dos corpos de prova para ruptura e realização do ensaio de abatimento do tronco de cone para a avaliação da consistência por parte dos construtores, contudo, para fins de estudo, esses ensaios foram feitos pelo pesquisador, para a avaliação das propriedades dos traços empíricos de cada obra.

#### 4.4.1 Traço Empírico

O traço utilizado nas obras acompanhadas é dosado em massa e volume, sendo o cimento em massa, 50 kg correspondente a 1 saco, e os agregados medidos em recipientes, como baldes e carrinho de mão. Não foram utilizados métodos para a obtenção dos traços, sendo todos empíricos, que já são comumente utilizados pelos construtores na maior parte de suas obras.

Para a obra A1, o traço utilizado corresponde a 1 saco de cimento (50 kg), 1,5 baldes (20L) de água, 5 baldes (22L) de brita e 6 baldes (18L) de areia, tais recipientes são mostrados na Figura 25.

**Figura 25** – Recipientes de agregados da Obra A1



Fonte: Autor (2021)

Para a obra A2, o traço utilizado foi de 1 saco de cimento (50kg), 2,5 baldes (15L) de água, 1 carrinho de mão de brita (50L), 2 carrinhos de mão de areia (50L), o carrinho de mão está demonstrado nas Figuras 26.

**Figura 26** – Recipiente de agregados da obra A2



Fonte: Autor (2021)

Por fim, na obra A3 o traço utilizado foi de 1 saco de cimento (50kg), 2 baldes (20L) de água, 1 carrinho de mão de brita (50L), 2 carrinhos de mão de areia (50L), demonstrado na Figura 27. Observou-se que para os traços dessa obra, o operador da betoneira adicionava mais água no traço, além dos 2 baldes, se visualmente o concreto não estivesse com uma consistência desejada, sendo impossível medir com exatidão a quantidade de água de todos os traços utilizados.

**Figura 27** – Recipiente de agregados da obra A3

**Fonte:** Autor (2021)

Com as informações obtidas nas obras e com a medição dos recipientes utilizados, obtendo seus respectivos volumes, e com os valores de massa específica obtidos no laboratório para os agregados graúdos e miúdos, realizou-se a conversão de volume para massa dos agregados e da água utilizados nos traços, utilizando a Equação 2.

$$\gamma = \frac{M}{V} \quad (2)$$

Onde:  $\gamma$ : Massa específica

M: Massa do material

V: Volume do material incluindo os vazios

Um resumo dos traços das três obras em massa e seus respectivos traços unitários são apresentados na Tabela 6.

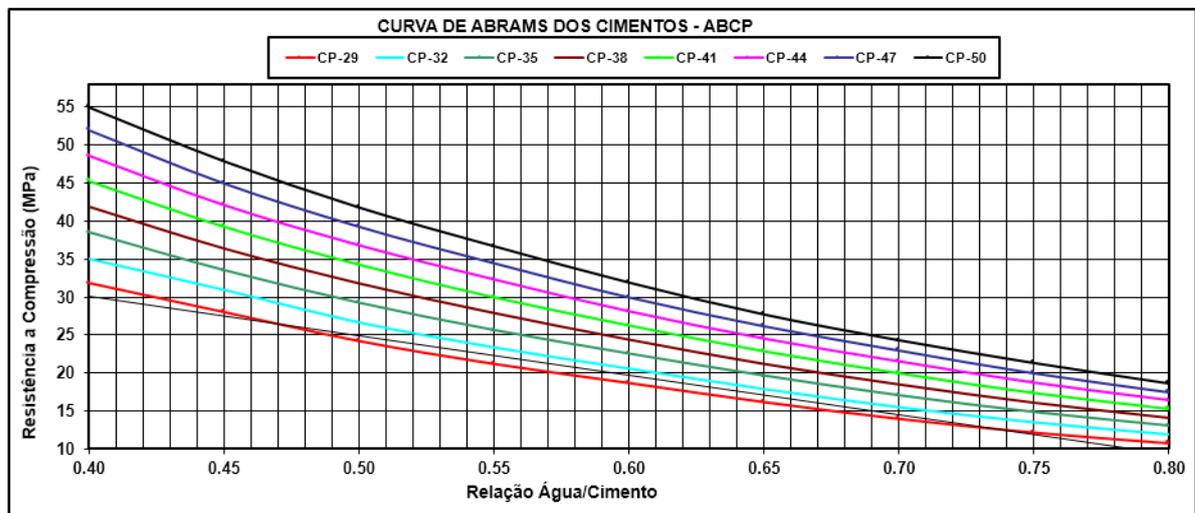
**Tabela 6** – Traços em massa dos concretos das obras estudadas

Traço	OBRA		
	A1	A2	A3
<b>Massa (kg)</b>	50: 244,08: 240,9: 30	50: 225: 108: 37,5	50: 215: 105: 40
<b>Traço Unitário</b>	1: 4,88: 4,81: 0,6	1: 4,5: 2,16: 0,75	1: 4,3: 2,1: 0,8

**Fonte:** Autor (2021)

Conforme a Tabela 6, tem-se valores de relação a/c variando de 0,6 a 0,8. De acordo a NBR 12655 (ABNT, 2015) recomenda-se para concretos estruturais uma relação a/c entre 0,45 e 0,65, dependendo da classe de agressividade e elemento do concreto. Conforme a curva de Abrams demonstrada na Figura 28, na medida que se aumenta a relação a/c obtém-se menores resistências, estima-se que uma relação a/c de 0,6, 0,75 e 0,8, para o CP 32 utilizados nas obras, obteria resistências à compressão estimada de 21 MPa, 14MPa e 11 MPa respectivamente.

**Figura 28** – Curva de Abrams



Fonte: (GUERRA, 2016)

Considerando os valores encontrados de cada traço na Tabela 6, calculou-se o teor de argamassa seca para cada concreto, conforme a Equação 3 a seguir (HELENE; TERZIAN, 2011).

$$\alpha = \frac{1 + a}{1 + a + b} \quad (3)$$

Onde:  $\alpha$ : Teor de argamassa

a: Massa do traço unitário da areia

b: Massa do traço unitário da brita

Os resultados do teor de argamassa para o concreto de cada obra estão dispostos na Tabela 7.

**Tabela 7** – Teor de argamassa

<b>Obra</b>	<b>Teor de argamassa (%)</b>
A1	0,55
A2	0,72
A3	0,72

Fonte: Autor (2021)

Quanto maior o teor de argamassa, maior a quantidade de areia contida no traço, aumentando por consequência a quantidade de partícula finas na composição (TUTIKIAN; HELENE, 2011). O concreto da obra A1 com teor de 55% está dentro da faixa tipicamente utilizada. Enquanto, os das obras A2 e A3 de 72% tem grande teor de argamassa.

Considerando a massa específica do concreto convencional de 2400 kg/m<sup>3</sup> segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), estimou-se o consumo de material para cada m<sup>3</sup> de concreto, conforme a Tabela 8.

**Tabela 8** – Consumo de material para cada m<sup>3</sup> de concreto estimado

<b>Consumo de Material para 1m<sup>3</sup> de concreto</b>			
<b>Material</b>	<b>OBRAA1</b>	<b>OBRAA2</b>	<b>OBRAA3</b>
	Massa (kg)	Massa (kg)	Massa (kg)
<b>Cimento</b>	212,40	285,37	292,68
<b>Areia</b>	1036,84	1284,19	1258,54
<b>Brita</b>	1023,33	616,41	614,63
<b>Água</b>	127,44	214,03	234,15

Fonte: Autor (2021)

Como pode ser observado na tabela, o consumo de cimento para todos os concretos das obras é inferior a 300 kg/m<sup>3</sup>, isso indica formulações de traços pobres, isto é, com baixo consumo de cimento. Recomenda-se segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015) que para concretos da classe C10 e C15 dosados empiricamente, o consumo de cimento por metro cúbico não seja menor que 300kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.4.2 – Abatimento do tronco de cone (*Slump Test*)

O resultado do abatimento do tronco de cone para as 3 obras está descrito na Tabela 9.

**Tabela 9** – Resultados do abatimento do tronco de cone

Slump Test		
Obra A1	Obra A2	Obra A3
8cm	22cm	21 cm

Fonte: Autor (2021)

De acordo com a NBR 8953 (ABNT, 2015), que classifica o concreto segundo a sua consistência, para a obra 01, 02 e 03 foram classificados como S50, S160 e S220 respectivamente. Segundo a norma, aplicações típicas para a classe S50 seriam alguns tipos de pavimentos e elementos de fundações que é o caso da obra 01, para a classe S160 e S220 seriam lançamento bombeado do concreto e para elementos esbeltos com alta taxa de armadura, respectivamente, que não é o caso da obra 02 e 03.

Os resultados encontram-se limitados, pois foram feitos apenas um ensaio de abatimento de tronco de cone para cada obra, sendo eles para a primeira moldagem feita. É preciso uma amostragem maior para se chegar a dados conclusivos.

Para a obra 01, como visto na Figura 29, após o abatimento o concreto se manteve firme, sem segregação ou desmoronamento.

**Figura 29** – Slump Test da obra 01

Fonte: Autor: (2021)

Para a obra A2, como visto na Figura 30, o concreto não se manteve firme, e a NBR 16889 (ABNT, 2020) informa que no caso de desmoronamento, para o ensaio de abatimento, o concreto não é necessariamente plástico e coeso. Observa-se a presença de exsudação nas bordas da amostra e aspectos de segregação.

**Figura 30 – Slump Test da obra 02**

Fonte: Autor (2021)

Para a obra A3, como visto na Figura 31, o concreto não se manteve firme, e a ocorrendo o desmoronamento assim como o abatimento da obra A2

**Figura 31 – Slump Test da obra 03**

Fonte: Autor (2021)

Um resumo das características principais que influenciam no abatimento do tronco de cone das 3 obras está demonstrado na Tabela 10.

**Tabela 10** – Características dos traços

	a/c	Teor de Argamassa	Material Pulverulento	Brita/m <sup>3</sup>
<b>Obra A1</b>	0,60	0,55	2,03	1023,33
<b>Obra A2</b>	0,75	0,72	2,1	616,41
<b>Obra A3</b>	0,80	0,72	4,08	614,63

Fonte: Autor (2021)

Na obra A1, a menor relação água cimento pode ter sido o principal fator no qual manteve o concreto firme no ensaio de abatimento, diferentemente das obras A2 e A3. Além da influência no abatimento, espera-se uma resistência a compressão superior da obra A1 em relação as outras duas obras, por causa da relação a/c ser uma das principais influentes também na resistência final do concreto.

Além da relação a/c, o teor de argamassa, o teor de material pulverulento e o consumo de brita/m<sup>3</sup> também influenciam os resultados. Isso pode ser verificado no comportamento do abatimento da obra A3, que mesmo com maior relação a/c, obteve abatimento de 22 cm, similar ao obtido no ensaio da obra A2. Possivelmente, esse é um efeito do maior teor de material pulverulento do agregado miúdo (4,08%), visto que a maior área de superfície específica dessas partículas demanda mais água adsorvida, portanto, não estando livre para fluir entre componentes do concreto e conferir mais fluidez (NEVILLE, 2016; AMBROZEWICZ, 2012).

Dentre vários fatores que podem levar a segregação do concreto, umas das mais recorrentes ocorre principalmente pelo excesso de água na mistura. É de suma importância que em uma mistura de concreto não haja alto grau de segregação, já que, nesse estado é impossível obter um adensamento total (NEVILLE, 2016).

#### 4.4.3 – Resistência a Compressão

Os resultados da resistência à compressão por corpo de prova de cada exemplar (betonada) da obra 1 estão na Tabela 11 e o cálculo do fck estimado na Tabela 12.

**Tabela 11** – Resultado da resistência de cada exemplar

<b>Exemplar 01 (Mpa)</b>		<b>Exemplar 02 (MPa)</b>		<b>Exemplar 03 (MPa)</b>	
CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
12,85	15,03	15,23	13,85	9,83	13,08
<b>Valor considerado</b>		<b>Valor considerado</b>		<b>Valor considerado</b>	
15,03		15,23		13,08	

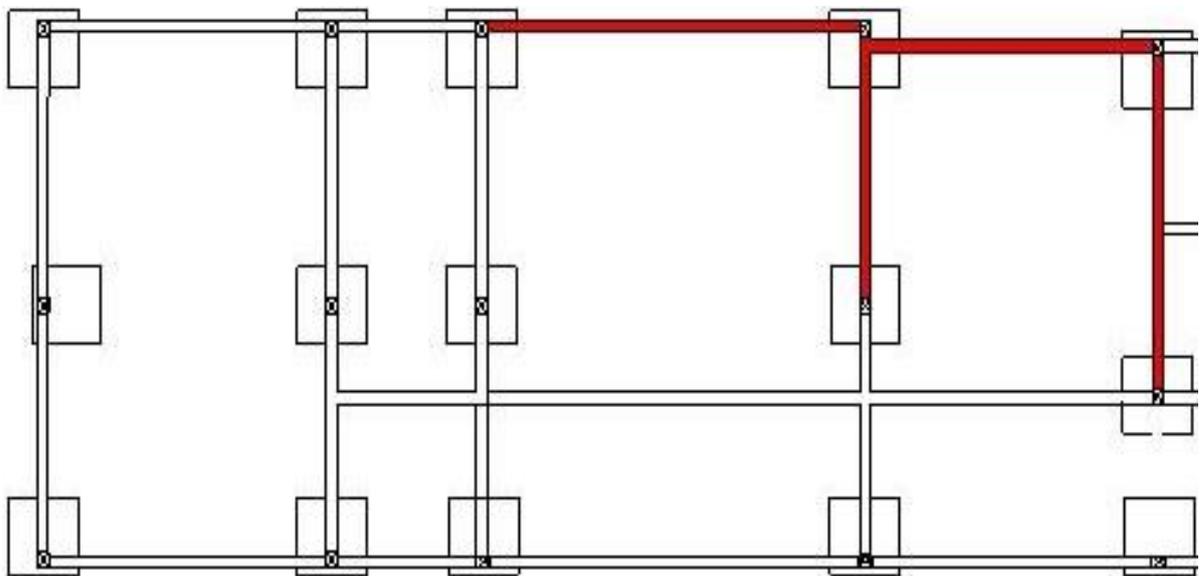
Fonte: Autor (2021)

**Tabela 12** – Cálculo do  $f_{ck}$  estimado

$f_1$	$\Psi_6$	$f_{ck,est}$
13,08	0,86	11,25

Fonte: Autor (2021)

Os exemplares (betonadas) foram utilizados para concretar as vigas-baldrames da edificação, conforme visto no Mapa de concretagem da Figura 32.

**Figura 32** – Mapa de concretagem obra A1

Fonte: Autor (2021)

Os resultados da resistência à compressão por corpo de prova de cada exemplar (mistura) da obra 2 estão na Tabela 13 e o cálculo do  $f_{ck}$  estimado na Tabela 14.

**Tabela 13** - Resultado da resistência de cada exemplar

Exemplar 01 (Mpa)		Exemplar 02 (MPa)		Exemplar 03 (MPa)	
CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
10,07	16,05	15,46	17,62	13,53	12,29
<b>Valor Considerado</b>		<b>Valor Considerado</b>		<b>Valor Considerado</b>	
16,05		17,62		13,53	

Fonte: Autor (2021)

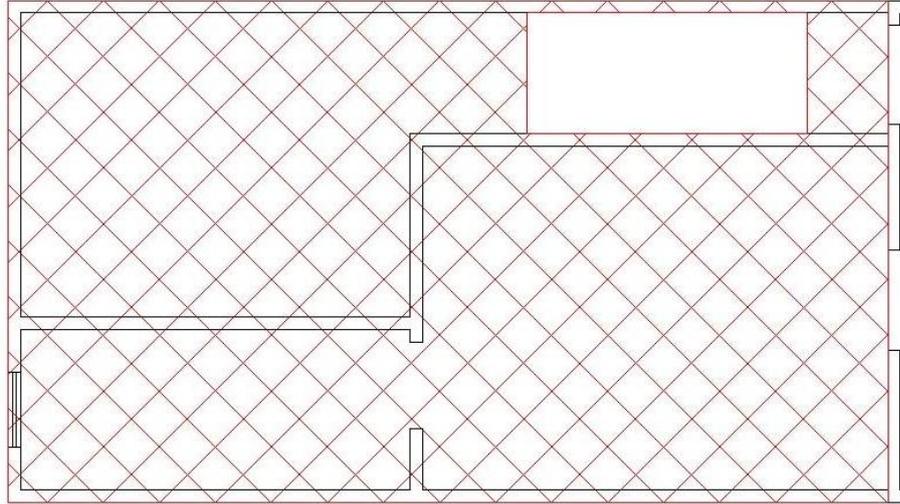
**Tabela 14** – Cálculo do  $f_{ck}$  estimado

$F_1$	$\Psi_6$	$f_{ck,est}$ (Mpa)
13,53	0,86	11,64

Fonte: Autor (2021)

Os exemplares (misturas) foram utilizados para concretar a laje pré-moldada da edificação, conforme visto no Mapa de concretagem da Figura 33.

**Figura 33** – Mapa de concretagem da obra A2



Fonte: Autor (2021)

Os resultados da resistência à compressão por corpo de prova de cada exemplar (betonada) da obra 3 estão na Tabela 15 e o cálculo do  $f_{ck}$  estimado na Tabela 16.

**Tabela 15** - Resultado da resistência de cada exemplar

Exemplar 01 (Mpa)		Exemplar 02 (MPa)		Exemplar 03 (MPa)	
CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
8,34	8,41	7,09	10,3	4,57	4,47
<b>Valor Considerado</b>		<b>Valor Considerado</b>		<b>Valor Considerado</b>	
8,41		10,3		4,57	

Fonte: Autor (2021)

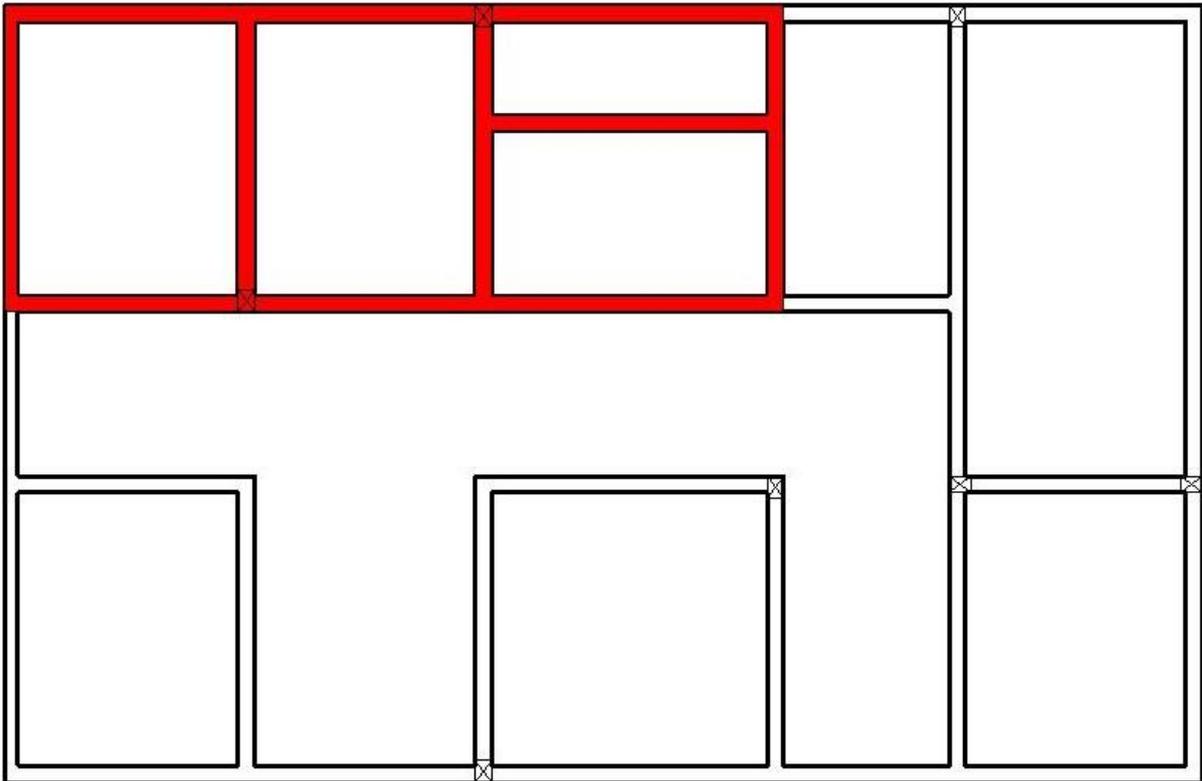
**Tabela 16** - Cálculo do  $f_{ck}$  estimado

F1	$\Psi_6$	$f_{ck,est}$ (Mpa)
4,57	0,86	3,93

Fonte: Autor (2021)

Os exemplares (betonadas) foram utilizados para concretar algumas vigas do primeiro pavimento da edificação, conforme visto no Mapa de concretagem da Figura 34.

**Figura 34** - Mapa de concretagem da obra A3



Fonte: Autor (2021)

A Tabela 17 demonstra um comparativo da resistência a compressão estimada obtidas nos elementos avaliados das 3 obras estudadas.

**Tabela 17** – Comparativo do resultado do  $f_{ck}$  estimado das 3 obras

Obra A1 (MPa)	Obra A2 (MPa)	Obra A3 (MPa)
11,25	11,64	3,93

Fonte: Autor (2021)

Observa-se que a obra A1 e A2 obtiveram resultados de resistência estimada muito próximas. Apesar de se esperar uma resistência à compressão superior da obra A1 em relação à obra A2, devido a menor relação  $a/c$ . No entanto, o maior consumo de brita por metro cúbico e o fato de ter um consumo de cimento de  $72,97 \text{ kg/m}^3$  menor do que a obra A2, o que significa uma redução de 25,7%, pode ter influenciado na resistência estimada final.

Em relação ao resultado da obra A3, que foi bem inferior ao das demais obras, observa-se que o valor utilizado para cálculo da resistência estimada pode ter sido resultado de um comportamento atípico (ruído), resultante de uma falta de padronização na dosagem da última betonada. De acordo com o método de cálculo, o valor de  $F1$  deve ser o menor valor entre os considerados para os exemplares, porém na betonada do último exemplar, obteve-se um resultado de  $4,57 \text{ MPa}$  e  $4,47 \text{ MPa}$ , que divergem entre 37% até 56,6% dos outros

exemplares da mesma obra. Logo, se a última betonada fosse desconsiderada para efeito de cálculo, o valor estimado para a resistência a compressão das vigas da obra A3 seriam de 7,24 MPa, um valor 84,21% maior do que o encontrado.

A NBR 8953 (ABNT, 2015) afirma que, concretos com classe de resistência inferior a C20 não são estruturais, mas no caso de serem utilizados, devem atender as NBR 6118 (ABNT, 2014) e NBR 12655 (ABNT, 2015). A 6118 reforça que a classe de concreto C15 pode ser usada a penas para concretos sem fins estruturais ou obras provisórias, e o concreto com utilização de armadura passiva deve possuir resistência superior a classe C20 ou, em outras palavras, ter resistência a compressão de no mínimo 20 MPa.

Todas as 3 obras estão em desacordo com as normas citadas acima, não obedecendo o mínimo de resistência exigido para o fim que estavam sendo utilizadas. Alguns motivos podem ter levado aos resultados de resistência à compressão, como a alta relação a/c. Outro fator é utilização de traços pobres com baixo consumo de cimento e alto teor de agregado. Além disso, os agregados miúdos não foram peneirados (obra A1 e obra A2) podendo conter materiais prejudiciais ao concreto. Isso fica explícito na Figura 35 que demonstra material friável contido no concreto e uma raiz dentro do corpo de prova.

**Figura 35** – Corpos de prova rompidos da obra A1



Fonte: Autor (2021)

Resultado da má estocagem dos agregados, também foi encontrado um seixo dentro do corpo de prova, como demonstra a Figura 36, que também pode contribuir para a diminuição da resistência a compressão.

**Figura 36** – Corpo de prova rompido da obra A2



**Fonte:** Autor (2021)

De modo geral, as amostras de concreto analisadas não atingem os requisitos mínimos normativos para aplicação em elementos estruturais, influenciadas principalmente pela utilização de traços empíricos, sem nenhum estudo de dosagem sobre eles e também pela falta de padronização na quantidade de materiais na execução dos traços, com a utilização de ferramentas não graduada.

## **5. CONCLUSÃO**

O presente trabalho realizou um acompanhamento da produção de concretos dosados empiricamente aplicados em elementos estruturais em 03 obras na cidade de Crateús-Ce. Foram analisadas características dos agregados empregados e realizados ensaios de resistência à compressão em corpos de prova moldados durante a execução. As principais conclusões obtidas são listadas:

- De modo geral, os agregados apresentaram características de acordo com as normas e a literatura quanto a sua massa específica, material pulverulento e granulometria, com apenas leves variações fora dos limites recomendados pela norma, no agregado graúdo;
- A execução do concreto não segue procedimentos padronizados para medição das quantidades de material usado na composição dos traços, visto que não são utilizadas ferramentas graduadas. Isso foi evidenciado com o resultado da última betonada (exemplar) da obra A3, que foi identificada uma variação nas proporções do traço, resultando em resistência abaixo dos outros exemplares da mesma obra;

- Através do abatimento do tronco de cone observou-se concretos com aspecto fluido, principalmente nas obras A2 e A3, em que foi verificada a presença de exsudação e segregação do concreto;
- Os resultados da resistência à compressão estimados pelo método da amostragem parcial, em casos excepcionais, indicam valores abaixo do valor mínimo recomendado por norma para concretos estruturais. Isso está relacionado aos valores da relação a/c e ao consumo de cimento, que se mostraram fora dos valores recomendados pela literatura;

Diante dos resultados obtidos sugere-se maior investigação para se chegar a resultados mais conclusivos como a utilização do método da amostra total ou parcial, cujo número de exemplares é maior. Também se recomenda a execução do ensaio do abatimento do tronco de cone para todos os lotes de concretos moldados a fim de se obter maior quantidade de dados para avaliação.

## REFERÊNCIAS

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de construção: normas, especificações, aplicação e ensaios de laboratório**. São Paulo: Pini, 2012. ISBN 978-8572662642.

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado**. 4. ed. Rio Grande: Dunas, 2014. v. 1. ISBN 978-85-86717-14-7.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142**: Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1**: Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16915**: Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

BATTAGIN, A. F. Cimento Portland. In: ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1. ed. [S. l.: s. n.], 2011. cap. 6, ISBN 978-85-98576-16-9

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção I**. 5 ed revisada. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2018.

BOGGIO, A. J. **Estudo Comparativo de Métodos de Dosagem de Concreto de Cimento Portland**. 2000. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

BOLINA, C. de C. *et al.* Estudo De Dosagem De Concretos Pelo Método Ipt/Epusp. **Revista Científica Linkania Master**, [s. l.], 2012.

BORGES, F. M. CARREIRO, T. T. **Métodos de dosagem usuais dos principais tipos de concreto**: Uma revisão teórica. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

BRITO, P. G. M. et al. Estudo sobre a reutilização de água de lavagem interna de caminhão betoneira na produção de concreto. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, 2020. DOI 10.34117/bjdv6n9-535. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/17149>. Acesso em: 17 mar. 2022.

CARVALHO, M. C. de. **Construindo o Saber**: Metodologia científica, fundamentos e técnicas. 24. ed. Campinas - SP: Papyrus, 2012. ISBN 978-85-308-0911-9.

CARVALHO, R. C. FILHO, J. R. F. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado - Segundo a NBR 6118:2014**. 4. ed. São Carlos, São Paulo: EdUFSCar, 2014. 415 p. v. 1. ISBN 978-8576003564.

CHIES, J. A. **Corpos de prova submetidos a compressão**: Influência do tipo de preparação das faces para diferentes níveis de resistência do concreto. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

COOPER, D. R. SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 12 ed. São Paulo: AMGH Editora Ltda, 2016.

DAL MOLIN, D. C. C. Adições Minerais para Concreto Estrutural. In: ISAIA, G. C. **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. [S. l.]: IBRACON, 2005. v. 1, cap. 12.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **ME 194**: Agregados –

Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1998.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Mercado imobiliário de Crateús se expande**, [s. l.], 4 abr. 2012. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/mercado-imobiliario-de-crateus-se-expande-1.352575>. Acesso em: 25 fev. 2022.

DIÓGENES, D. G. **Levantamento das ações de controle de qualidade de estruturas em concreto armado em edificações na cidade de Crateús - CE**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2019.

DOSSIÊ TÉCNICO ABNT: Agregados para concreto. São Paulo: [s. n.], 2019- . 2021-2022. Disponível em: <http://www.abntdigital.com.br/paginampe/biblioteca/files/upload/anexos/pdf/fc4a399c8e174b7af132c8b469037e11.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2022.

ESTRUTURA da obra é 30% do custo e 100% da segurança. *In*: HELENE, P. **4º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/estrutura-da-obra-e-30-do-custo-e-100-da-seguranca/>. Acesso em: 24 fev. 2022.

FONSECA, G. C. da. **Adições minerais e as disposições normativas relativas à produção de concreto no Brasil: Uma Abordagem Epistêmica**. 2010. Dissertação (Mestre em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

FILHO, E. Z. **Água de reúso: Estudo para fornecimento como água de amassamento**. 2014. Dissertação (Pós- Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

GASPARIN, L. **Avaliação da influência do aditivo plastificante multifuncional redutor de água na resistência mecânica do concreto dosado pelo método ABCP**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário Univates, Lajeado, 2017.

GAVA, G. P.; GASQUES, E. G. F.; RIGO, E. Avaliação Da Influência De Aditivos Hidrofugantes/Impermeabilizantes Nas Propriedades Das Argamassas. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, [s. l.], 2016.

HELENE, P. ANDRADE. T. Concreto de Cimento Portland. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. Cap 29. IBRACON, 2010.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. [S.l.: s.n.], 1993.

HELENE, P. Análise da resistência à compressão do concreto em estruturas acabadas com vistas à revisão da segurança estrutural. **Revista ALCONPAT**, São Paulo, 2011.

MALTA, J. O. **Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo de construção e demolição**. 2012. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. [S. l.]: Nicole Pagan Hasparyk, 2014. ISBN 978-85-98576-21-3.

MENDES, R. R. **Estudo experimental de corpos de prova de concreto com fibras de aço sujeitos à tração por compressão diametral e à tração direta**. 2016. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

MOHD, M. A. ISLAM, S. NAZAR, S. KHAN, R. A Comparative Study of Popular Concrete Mix Design Methods from Qualitative and Cost-Effective Point of View for Extreme Environment. **ARABIAN JOURNAL FOR SCIENCE AND ENGINEERING**, [s. l.], 2015. DOI 10.1007/s13369-015-1946-9. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/284136467\\_A\\_Comparative\\_Study\\_of\\_Popular\\_Concrete\\_Mix\\_Design\\_Methods\\_from\\_Qualitative\\_and\\_Cost\\_Effective\\_Point\\_of\\_View\\_for\\_Extreme\\_Environment](https://www.researchgate.net/publication/284136467_A_Comparative_Study_of_Popular_Concrete_Mix_Design_Methods_from_Qualitative_and_Cost_Effective_Point_of_View_for_Extreme_Environment). Acesso em: 25 mar. 2022.

MÜLLER, L. C. **ESTUDO DE PRODUÇÃO E DESEMPENHO DE BLOCOS DE CONCRETO**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, Ijuí, 2015.

MUNIZ, L. F. C. **Estudo Experimental Da Flexão Em Protótipos de Vigas de Concreto Armado**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2018.

NASCIMENTO, L. C. do. **Análise de viabilidade entre concretos dosados pelos métodos da ABCP/ACI e IPT/USP**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019.

NETO, T. F. C. **Efeitos da Temperatura do Concreto Fresco na sua Trabalhabilidade**. 2015. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

NEVILLE, A. M. BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**, 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

PEDROSO, F. L. Concreto: material construtivo mais consumido no mundo: Concreto: As origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Revista IBRACON**, São Paulo, ed. 53, 2009.

PEREIRA, A. M. *et al.* Estudo das propriedades mecânicas do concreto com adição de cinza de casca de arroz. **Revista Matéria**, [s. l.], v. 20, ed. 1, 2015.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento portland**. 13. ed. São Paulo: Globo S. A., 1998. ISBN 85-250-0225-9.

RICCI, B. O. L. PEREIRA, A. M. AKASAKI, J. L. Estudo de Dosagens Visando Obter

Concretos para Obras de Pequeno Porte. **Fórum Ambiental de Alta Paulista**, [s. l.], v. 13, ed. 1, 2017. DOI 10.17271/1980082713120171499. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum\\_ambiental/article/view/1499/1521](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/1499/1521). Acesso em: 25 fev. 2022.

ROHDEN, Abrahão Bernardo. **Contribuição aos métodos de dosagem de concreto de alta resistência a partir do entendimento da influência dos agregados na mistura**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

ROMANO, R. C. de O.; CINCOTTO, M. A.; PILEGGI, R. G. Incorporação de ar em materiais cimentícios: uma nova abordagem para o desenvolvimento de argamassas de revestimento. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Porto Alegre, 2018.

SANTOS, I. E. dos. **Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica**. 12 ed. Niterói, RJ: Impetus, 2016. ISBN 9788576268871

SILVA, G. S. **Dosagem De Concretos Convencionais Utilizando Materiais Comercializados no Estado de Sergipe pelo Método IPT/EPUSP**. 2020. Monografia (Bacharel do Curso de Engenharia Civil) - Instituto Federal de Sergipe, Aracaju, 2020.

SILVA, P. F. A. Controle tecnológico do concreto em obras. **Controle Tecnológico: Ensaios para o controle de qualidade do concreto e suas estruturas**, Jardim Olímpia – São Paulo, IBRACON, ed. 86, 2017.

SOUZA, M. T. *et al.* Desempenho de Concretos Preparados com Cimentos Portland CP IV e CP V Utilizando o Método de Dosagem Ipt/Epusp: Um Estudo De Caso. *Revista Tecnológica*, [s. l.], v. 24, ed. 2, 2020. DOI <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v24i2.15311>. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/15311>. Acesso em: 17 mar. 2022.

TOILLIER, H. C. **Estudo do desempenho de aditivos de manutenção de trabalhabilidade no concreto**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil.) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2017.

TORALLES, B. M. *et al.* Estudo Comparativo de Diferentes Métodos de Dosagem de Concretos Convencionais. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, [s. l.], v. 10, ed. 1, 2018.

TUTIKIAN, B. F. HELENE, P. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. *In*: ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1. ed. [S. l.: s. n.], 2011. cap. 12, ISBN 978-85-98576-16-9.

## APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

### QUESTIONÁRIO SOBRE A EMPRESA

Data de Aplicação: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Entrevistado: \_\_\_\_\_

Nº	Perguntas	Respostas
1	Ramo de atuação?	( ) Construção ( ) Reformas ( ) Outros
2	Tempo de mercado?	( ) < 1 Ano ( ) 1 - 5 anos ( ) > 5 anos
3	Local de atuação?	( ) Crateús ( ) Região de Crateús ( ) Outros
4	Principal demanda da empresa?	( ) Construção ( ) Reformas ( ) Outros
5	Participa de licitação de obras públicas?	( ) Sim ( ) Não
6	Trabalha com qual tipo de obras?	( ) Públicas ( ) Privadas ( ) Ambas
7	Possui os próprios funcionários?	( ) Sim ( ) Não
8	Terceiriza algum serviço? Quais?	( ) Sim ( ) Não
9	Quantidade de funcionários?	( ) < 10 ( ) 10 – 15 ( ) 15 – 20 ( ) > 20
10	Forma de pagamentos dos funcionários?	( ) Semanal ( ) Mensal ( ) Outro
11	Possui funcionário CLT	( ) Sim ( ) Não

Nº	Comentários
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	

## APÊNDICE B – RESULTADOS DE GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS

### AGREGADO MIÚDO

#### OBRA 01

<b>Amostra 01</b>	<b>Massa: 300,03 g</b>
PENEIRAS	MASSA (g)
9,5 mm	1,99
6,3 mm	2,24
4,75 mm	1,51
2,36 mm	15,08
1,18 mm	28,82
600 µm	114,83
300 µm	106,06
150 µm	24,49
Fundo	4,02
<b>Total</b>	<b>299,02</b>

#### OBRA 01

<b>Amostra 02</b>	<b>Massa: 300,02 g</b>
PENEIRAS	MASSA (g)
9,5 mm	1,88
6,3 mm	14,44
4,75 mm	2,16
2,36 mm	15,79
1,18 mm	31,11
600	112,9
300	94,57
150	22,48
Fundo	4,33
<b>Total</b>	<b>299,75</b>

#### OBRA 02

<b>Amostra 01</b>	<b>Massa: 300,02 g</b>
PENEIRAS	MASSA (g)
9,5 mm	0
6,3 mm	2,35
4,75 mm	2,81
2,36 mm	11,04
1,18 mm	21,20
600 µm	114,87
300 µm	109,34
150 µm	27,69
Fundo	10,35
<b>Total</b>	<b>299,65</b>

#### OBRA 02

<b>Amostra 02</b>	<b>Massa: 300 g</b>
PENEIRAS	MASSA (g)
9,5 mm	0,93
6,3 mm	1,14
4,75 mm	1,33
2,36 mm	10,8
1,18 mm	23,7
600 µm	123,79
300 µm	98,29
150 µm	27,02
Fundo	11,97
<b>Total</b>	<b>299,08</b>

#### OBRA 03

<b>Amostra 01</b>	<b>Massa: 300,07 g</b>
PENEIRAS	MASSA (g)
9,5 mm	0
6,3 mm	0
4,75 mm	0
2,36 mm	17,4
1,18 mm	42,73
600 µm	114,28
300 µm	89,9
150 µm	26,3
Fundo	9,05
<b>Total</b>	<b>299,72</b>

#### OBRA 03

<b>Amostra 01</b>	<b>Massa: 300,07 g</b>
PENEIRAS	MASSA (g)
9,5 mm	0
6,3 mm	0
4,75 mm	0,51
2,36 mm	18,07
1,18 mm	44,18
600 µm	119,40
300 µm	85,39
150 µm	23,3
Fundo	8,46
<b>Total</b>	<b>299,31</b>

## APÊNDICE C – RESULTADOS DE GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS

### AGREGADO GRAÚDO

#### OBRA 01

<b>Amostra 01</b>	<b>Massa: 5000,1 g</b>
PENEIRAS	MASSA (g)
19 mm	9,7
12,5 mm	3294,8
9,5 mm	1538,05
6,3 mm	156,45
4,75 mm	0,18
2,36 mm	0
<b>Total</b>	<b>4999,18</b>

#### OBRA 01

<b>Amostra 02</b>	<b>Massa: 5000 g</b>
PENEIRAS	MASSA (g)
19 mm	18,61
12,5 mm	2939,4
9,5 mm	1732,11
6,3 mm	278,40
4,75 mm	18,65
2,36 mm	4,89
<b>Total</b>	<b>4992,06</b>

#### OBRA 02

<b>Amostra 01</b>	<b>Massa: 5000,25 g</b>
PENEIRAS	MASSA (g)
19 mm	8,93
12,5 mm	3611,6
9,5 mm	1276,56
6,3 mm	94,46
4,75 mm	2,24
2,36 mm	0,66
<b>Total</b>	<b>4994,45</b>

#### OBRA 02

<b>Amostra 02</b>	<b>Massa: 5000 g</b>
PENEIRAS	MASSA (g)
19 mm	10,06
12,5 mm	3620,4
9,5 mm	1254,46
6,3 mm	93,60
4,75 mm	4,73
2,36 mm	1,54
<b>Total</b>	<b>4984,79</b>

#### OBRA 03

<b>Amostra 01</b>	<b>Massa: 5000,10 g</b>
PENEIRAS	MASSA (g)
19 mm	0
12,5 mm	3132,85
9,5 mm	1711,86
6,3 mm	140,68
4,75 mm	3,92
2,36 mm	0,85
<b>Total</b>	<b>4990,16</b>

#### OBRA 03

<b>Amostra 02</b>	<b>Massa: 5000 g</b>
PENEIRAS	MASSA (g)
19 mm	8,28
12,5 mm	3293,97
9,5 mm	1572,70
6,3 mm	105,50
4,75 mm	10
2,36 mm	1,34
<b>Total</b>	<b>4991,79</b>