



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS - UNICHRISTUS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANA CAROLINA RODRIGUES MAGALHÃES**

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL EM PAREDES  
DE CONCRETO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA RESIDENCIAL**

**FORTALEZA - CE**

**2021**

ANA CAROLINA RODRIGUES MAGALHÃES

ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL EM PAREDES DE  
CONCRETO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA RESIDENCIAL

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Ms. Rafaela Fujita Lima.

FORTALEZA - CE  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Centro  
Universitário Christus - Unichristus  
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do  
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M188a      Magalhães, Ana Carolina Rodrigues.

ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL EM  
PAREDES DE CONCRETO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA  
RESIDENCIAL / Ana Carolina

Rodrigues Magalhães. - 2021.

64 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro  
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,  
Fortaleza, 2021.

Orientação: Profa. Ma. Rafaela Fujita Lima.

**ANA CAROLINA RODRIGUES MAGALHÃES**

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL EM PAREDES DE  
CONCRETO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do  
Centro Universitário Christus, como parte  
integrante dos requisitos para obtenção do grau de  
bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Sistemas Construtivos e  
Materiais.

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

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me. Rafaela Fujita Lima (Orientador)

Centro Universitário Christus

---

Prof. Me. Marisa Teófilo Leitão

Centro Universitário Christus

---

Profa. Me. Mariana de Araújo Leite

Centro Universitário Christus

## AGRADECIMENTOS

Para começar, gostaria de enaltecer a grandeza da minha querida mãezinha Mairla Rodrigues, que sempre foi meu alicerce nesses anos de jornada. Você quem segurou a barra e me incentivou a nunca desistir sempre quando eu ligava desmotivada, você quem abdicou de muitos dos seus sonhos para que eu pudesse viver o meu, você quem trabalhou dia e noite pra que não me faltasse nada... eu não seria ninguém sem a senhora! É por você e para você. Te amo.

Estendo esse agradecimento aos meus amados irmãos Bruno, Pedro Henrique e Luis Eduardo e também a minha queridíssima tia e comadre Derlange Rodrigues, que são anjos na minha vida. Essa conquista é tão minha quanto de vocês. Eu amo vocês muito mais do que palavras possam expressar.

À minha querida orientadora Rafaela Fujita eu deixo meu agradecimento por todo ensinamento, você é uma inspiração de profissional, mulher, mãe e amiga. Obrigada por toda paciência e por ser essa grande profissional. Você é um orgulho para a profissão que exerce.

Aos meus mestres professores agradeço por todo comprometimento em repassar seus conhecimentos da melhor maneira, tenho a sorte de ter tido grandes mestres ao longo da vida que me inspiram a ser melhor como profissional e como pessoa. Exalto Marisa Leitão, Mariana Leite, Willington Gondin, Eric Mateus e Daniel Brandão.

Aos meus queridos Jéssica Alves e Josifran Magalhães eu deixo aqui toda minha gratidão por terem me acolhido em seu lar e cuidarem tão bem de mim, vocês são meu ponto de apoio, meu porto seguro. Obrigada também por terem me dado o melhor presente que eu poderia ganhar, meu pequeno Danilo, que é a maior felicidade da minha vida, o amor mais lindo que eu tenho dentro de mim.

Aos meus amigos e colegas de faculdade eu agradeço por toda paciência e companheirismo, se eu consegui chegar até aqui sem enlouquecer eu devo isso a todas as rizadas e todos os bons momentos que vivi com vocês. Em especial agradeço a Cláudia Mariana, Dara Nascimento, Fernanda Moreira, Nayara Gurjão, Taynah Lima, João Vítor Santos, Damaris Carvalho, Matheus Fachine e Renan Albuquerque.

Aos meus amigos de longa estrada, Mariana Rodrigues, Fabrícia Alves, Tayanne Gomes, João Batista Lopes, Wanderson Damásio, Ana Beatriz Damasceno, Ana Fátima, Lourena Rodrigues e Carol Nery, obrigada por todo amor

e paciência em mim investidos, vocês fazem a minha vida melhor em todos os aspectos. Eu amo muito vocês.

E por fim, aos meus colegas de trabalho eu agradeço todos os conselhos, elogios e todo o apoio que vocês me dão. Vocês me receberam de braços abertos e me proporcionaram um crescimento profissional e pessoal enorme, aprendi e desenvolvo processos hoje que não me sentia capaz há pouco tempo atrás, devo isso a toda ajuda de vocês. Espero levar vocês para toda vida; Camila Ferreira, Nayara Tavares, Dominique Aravena, Luis Felipe Meliga, Lucas Reis, Raul Coelho, Larissa Feitosa, Harryson Farias e Eugênio Silva.

## RESUMO

A utilização da metodologia construtiva paredes de concreto vem ganhando cada vez mais espaço na Indústria da Construção Civil (ICC). Características como elevada produtividade, bom desempenho dos sistemas, redução de mão de obra no canteiro e maior industrialização dos processos construtivos, são responsáveis por sua popularização nesse setor. Dentre materiais mais utilizados para a execução das paredes de concreto está o concreto autoadensável (CAA). Esse tipo de concreto é indicado pois tem a característica de ter alta fluidez e moderada viscosidade o que dá a esse material a capacidade de fluir sob a ação do próprio peso, não necessitando ser vibrado. Contudo, é importante destacar que o momento vivido a nível mundial pode impactar significativamente no desempenho desse sistema construtivo, haja visto que o período de pandemia mundial ocasionada pelo vírus SARS-Cov-2 e das restrições impostas como medida de barrar o avanço da doença, pode impactar o fornecimento dos insumos necessários. Assim, o presente estudo teve como objetivo principal analisar o desempenho do CAA na obra de sistema de parede de concreto, mostrando como o CAA pode influenciar na velocidade de execução e na qualidade da estrutura. Para tal, desenvolveu-se um estudo de caso em uma obra localizada no município do Eusébio-CE, a qual é um empreendimento residencial de 7 pavimento e térreo, do tipo Minha Casa, Minha Vida (MCMV). Assim, foi possível identificar que cada obra que utiliza parede de concreto requer um estudo prévio, haja visto que o traço de CAA é muito influenciado pelo entorno, sendo sensível a pequenas variações. Tal necessidade configurou-se como a principal dificuldade apresentada pela empresa aqui estudada, haja visto que mesmo com experiência na utilização dessa metodologia, a qual utilizam há 4 anos, todo início de obra há uma dificuldade em adequação do traço. Nesse contexto, foi notório que o fato de o laboratório de controle tecnológico de concreto estar ativamente presente na obra foi um diferencial, permitindo um estudo mais profundo acerca do CAA utilizado. Ademais, percebeu-se que os impactos da pandemia ocasionada pelo vírus SARS-Cov-2 culminaram no aumento e na instabilidade do preço dos insumos, resultado na necessidade de adiar o início de algumas obras.

**Palavra-chave:** Habitação de Interesse Social (HIS). SARS-Cov-2. Concreto Autoadensável (CAA).

## **ABSTRACT**

The use of the concrete walls construction methodology has been gaining more and more space in the Civil Construction Industry (ICC). Characteristics such as high productivity, good system performance, reduction of labor on site and greater industrialization of construction processes, are responsible for its popularization in this sector. Among the most used materials for the execution of concrete walls is self-compacting concrete (CAA). This type of concrete is indicated because it has the characteristic of having high fluidity and moderate viscosity which gives this material the ability to flow under the action of its own weight, without needing to be vibrated. However, it is important to highlight that the moment experienced worldwide can significantly impact the performance of this constructive system, given that the period of global pandemic caused by the SARS-Cov-2 virus and the restrictions imposed as a measure to stop the progress of the disease, may impact the supply of necessary inputs. Thus, the present study aimed to analyze the performance of the CAA in the work of a concrete wall system, showing how the CAA can influence the speed of execution and the quality of the structure. To this end, a case study was developed in a work located in the municipality of Eusébio-CE, which is a residential development with 7 floors and ground floor, type Minha Casa, Minha Vida (MCMV). Thus, it was possible to identify that each work that uses a concrete wall requires a previous study, given that the CAA trace is highly influenced by the environment, being sensitive to small variations. Such need was configured as the main difficulty presented by the company studied here, given that even with experience in using this methodology, which they have been using for 4 years, every beginning of the work there is a difficulty in adapting the line. In this context, it was clear that the fact that the concrete technological control laboratory is actively present in the work was a differential, allowing a deeper study about the CAA used. In addition, it was noticed that the impacts of the pandemic caused by the SARS-Cov-2 virus culminated in the increase and instability of the price of inputs, resulting in the need to postpone the beginning of some works.

**Keyword:** Housing of Social Interest (HIS). SARS-CoV-2. Self-compacting concrete (CAA).



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Seção do corpo de prova .....	15
Figura 2 - Pasta do mesmo cimento Portland com diferentes relações água/cimento .....	1
Figura 3 - Visão geral do processo executivo de estruturas de concreto armado moldado in loco x Parede de Concreto .....	26
Figura 4 - Evolução da aplicação do método construtivo paredes de concreto em uma construtora .....	27
Figura 5 - Fluxo de Aprovação de uma TCI .....	28
Figura 6 - CAA x Concreto Convencional .....	29
Figura 7 – A influências do módulo de elasticidade e da relação a/c na durabilidade do concreto .....	30
Figura 8 – Materiais utilizados para a dosagem do CAA e sua influência .....	31
Figura 9 - Procedimento para aceitação do CAA em obra .....	33
Figura 10 – Tipologia da Pesquisa .....	35
Figura 11 – Abordagem utilizada para análise de conteúdo das entrevistas .....	36
Figura 12 - Delineamento da Pesquisa .....	37
Figura 13 – Estruturação dos resultados obtidos .....	38
Figura 14 - Perspectiva geral do empreendimento .....	40
Figura 15 - Características previstas no projeto de estrutura para o residencial estudado .....	44
Figura 16 - Traço de unitário do CAA utilizado.....	45
Figura 17 - Resistência à compressão axial do CAA: CP V-Ari x CP V-RS .....	46
Figura 18 - Frequência de realização dos ensaios de acordo com a NBR 15823 (ABNT, 2017) .....	47
Figura 19 - Material de apoio para a realização dos ensaios na obras .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites de composição do cimento Portland (porcentagem em massa) .....	16
Tabela 2 – Conjunto de peneiras das séries normal e intermediária .....	18
Tabela 3 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo .....	20
Tabela 4 - Limites granulométricos de agregado graúdo .....	20
Tabela 5 - Procedimentos desenvolvidos para ajuste do CAA em obra.....	43
Tabela 6 - Resistência CP V-ARI x CP V-RS.....	47

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aplicações para cada tipo de cimento .....	17
Quadro 2 - Resumo das normas brasileiras, americanas e europeias sobre aditivos químicos para concreto. ....	23
Quadro 3 - Requisitos para o CAA no estado fresco em função de sua aplicação ..	33
Quadro 4 - Caracterização dos agentes construtivos entrevistados .....	38
Quadro 5 - Vantagens de se obter o selo Casa Mais Azul.....	39
Quadro 6 - Características do Empreendimento .....	39

## LISTA DE ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
a/c	Água/cimento
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
BC	Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação
CAA	Concreto Autoadensável
CEF	Caixa Econômica Federal
CP	Corpo de Prova
CP I	Cimento Portland Comum
CP II	Cimento Portland Composto
CP III	Cimento Portland de Alto-Forno
CP IV	Cimento Portland Pozolânico
CP V-ARI	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial
CPB	Cimento Portland Branco
CTC	Controle Tecnológico de Concreot
CTC	Controle Tecnológico de Concreto
HIS	Habitação de Interesse Social
ICC	Indústria da Construção Civil
MCMV	Minha Casa, Minha Vida
RS	Resistente a Sulfatos
SiNAT	Sistema Nacional de Avaliação Técnica
TCI	Tecnologia Construtivas Inovadoras
VU	Vida Útil
VUP	Vida Útil de Projeto

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1. Objetivos</b> .....	<b>12</b>
1.1.1. <i>Objetivos específicos</i> .....	13
<b>1.2. Descrição do trabalho</b> .....	<b>13</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1. Concreto</b> .....	<b>14</b>
2.1.1. <i>Cimento</i> .....	16
2.1.2. <i>Agregados</i> .....	18
2.1.3. <i>Agregado Miúdo</i> .....	19
2.1.4. <i>Agregado Graúdo</i> .....	20
2.1.5. <i>Água</i> .....	21
2.1.6. <i>Aditivos</i> .....	22
2.1.7. <i>Plastificantes</i> .....	24
2.1.8. <i>Superplastificantes</i> .....	24
<b>2.2. Paredes de Concreto</b> .....	<b>24</b>
<b>2.3. Concreto Autoadensável</b> .....	<b>28</b>
2.3.1. <i>Dosagem</i> .....	31
2.3.2. <i>Ensaio</i> .....	32
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>35</b>
<b>3.1. Delineamento da Pesquisa</b> .....	<b>36</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>38</b>
<b>4.1. Evolução da utilização da metodologia Paredes de Concreto</b> .....	<b>40</b>
<b>4.2. Caracterização do Concreto Autoadensável (CAA)</b> .....	<b>44</b>
<b>4.3. Impactos da pandemia do SARS-Cov-2</b> .....	<b>49</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>51</b>
<b>RERENCIAS</b> .....	<b>55</b>
<b>ANEXO A – Roteiro de entrevista: construtora/incorporadora</b> .....	<b>59</b>
<b>ANEXO B – Roteiro de entrevista: laboratório de controle tecnológico de concreto</b> .....	<b>60</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto é o material mais utilizado na construção civil, sendo indispensável quando se pensa em construir. Segundo Mehta e Monteiro (2014), existem três razões pelas quais o concreto é amplamente utilizado; a primeira delas é a resistência que o concreto tem quando está em contato com a água, a segunda é sobre a sua facilidade de ser moldado quando fresco e a terceira é seu baixo custo de produção quando comparado a outros métodos construtivos.

A mistura do concreto é feita basicamente usando agregados miúdos e graúdos, aglomerantes e água. Quando endurecido pode atingir alta resistência à compressão, o que permite que o mesmo seja utilizado para complexas estruturas. No estado fresco, o concreto pode ter alta trabalhabilidade permitindo que ele se adeque aos diversos tipos de situações.

Esse conjunto de fatores faz com que esse material esteja sempre no foco dos estudos a fim de atender as especificações e exigências de projeto. Pesquisadores analisam aspectos como dosagem do concreto, aditivos e adições minerais que possam contribuir no desempenho, também desenvolvem métodos construtivos mais eficazes visando também a durabilidade desse material.

Influenciado pelos avanços na tecnologia, os métodos construtivos na engenharia civil têm se modernizado, apesar de ainda serem muito artesanais. Segundo Possan (2010), há alguns anos atrás, as estruturas de concreto armado eram realizadas seguindo conhecimento empírico, bom senso e experiência profissional, onde o fator de maior relevância era a resistência à compressão. Esse conceito vem mudando lentamente e hoje temos uma visão mais ampla sobre as propriedades e o melhor desempenho do concreto.

No contexto atual é muito importante que as construções sejam feitas no menor tempo possível e que mesmo assim sua qualidade e segurança sejam asseguradas. A verticalização acelerada das cidades obriga o mercado a estar em constante evolução, e a agilidade na entrega das edificações é um diferencial necessário para qualquer empresa que esteja em ascensão.

Um método construtivo que vem ganhando espaço no mercado devido a sua rapidez e bom desempenho é a utilização de paredes de concreto. Por ser um sistema altamente industrializado é possível garantir uma maior qualidade do produto

final pois é feito o acompanhamento de todos os seus processos, desde a concepção do traço de concreto a ser utilizado até aspectos físicos como resistência e fluidez.

Dentre materiais mais utilizados para a execução das paredes de concreto está o concreto autoadensável (CAA). Esse tipo de concreto é indicado pois tem a característica de ter alta fluidez e moderada viscosidade o que dá a esse material a capacidade de fluir sob a ação do próprio peso, não necessitando ser vibrado. Também devido a sua fluidez, o mesmo consegue preencher espaços com armaduras densas, sendo a escolha ideal para esse tipo de situação.

Atualmente uma gama de novos materiais está sendo utilizada a fim de aumentar a produtividade e o desempenho do concreto, como a utilização de aditivos químicos e adições minerais. Esses materiais podem influenciar nas propriedades do concreto no estado fresco e no estado endurecido.

Para que seja possível conciliar resistência e fluidez o CAA necessita de um estudo prévio de dosagem, envolvendo o uso de aditivos e adições minerais afim de adaptar o traço e não diminuir o fator água/cimento, mantendo assim o desempenho necessário. Esse estudo é de grande importância, pois um erro nessa etapa pode acarretar problemas futuros como segregação e exsudação do concreto, ou até mesmo não atingir a fluidez necessária para que o mesmo possa ser considerado um concreto autoadensável.

Quando se leva em consideração todos os aspectos externos e internos que afetam o concreto e se toma as precauções necessárias, se pode garantir uma boa durabilidade e vida útil desse material. A durabilidade pode ser definida como “[...] o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. Portanto não é uma propriedade inerente ou intrínseca à estrutura, à armadura ou ao concreto” (ISAIA, 2016).

### **1.1. Objetivos**

O presente trabalho tem como objetivo geral, analisar o desempenho do CAA na obra de sistema de parede de concreto, mostrando como o CAA pode influenciar na velocidade de execução e na qualidade da estrutura.

### 1.1.1. *Objetivos específicos*

Os objetivos específicos são:

- a) Analisar a produtividade do sistema de parede de concreto devido ao Uso do CAA.;
- b) Analisar as dificuldades da implementação do CAA na obra de parede de concreto;
- c) Analisar o impacto da pandemia ocasionada pelo vírus SARS-Cov-2.

## 1.2. **Descrição do trabalho**

O presente trabalho está dividido em cinco seções, estando esta introdução incluída na contagem como a primeira. A seção dois é o referencial teórico, onde estará detalhada a literatura acerca do concreto autoadensável e sua aplicação em paredes de concreto. Também serão abordados temas como a importância da dosagem do CAA e como se dá o método construtivo de paredes de concreto, desde seu planejamento a sua concepção final, abordando vantagens e desvantagens de sua utilização.

Na terceira seção será demonstrada a metodologia utilizada para a aquisição dos dados que serão analisados, assim como os ensaios realizados nos corpos de prova de CAA.

Na quarta seção será apresentado e discutido os resultados obtidos com a pesquisa. Também serão analisados os dados obtidos com os rompimentos dos corpos de provas nas idades iniciais e seu comportamento ao longo dos dias, para comparar a evolução do crescimento dos resultados.

Por fim, na quinta seção será apresentada a conclusão onde serão feitas as considerações sobre todos os dados adquiridos na seção anterior e abriremos caminhos para novas análises e revisões sobre o assunto em trabalhos posteriores.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo apresenta o embasamento teórico para o estudo, visando apresentar ao leitor o contexto geral sobre concreto e as especificidades do concreto autoadensável (CAA), dissertando sobre os materiais e adições que integram o CAA, ao passo que busca abordar sua utilização na prática.

Para tal, é necessário apresentar, inicialmente, o concreto como um todo, desde os elementos que o constituem até as adições que tornam o concreto convencional em um CAA, haja visto que um dos objetivos específicos deste estudo é analisar o crescimento da resistência do concreto, sendo necessário, portanto, compreender o material como um todo.

Na sequência, expõe-se uma visão holística sobre a metodologia construtiva Paredes de Concreto, o principal nicho de utilização do CAA, e, por fim, aborda-se suas características específicas, como ensaio e dosagem.

A divisão desse capítulo assim foi pensada para que o leitor compreenda tanto o material quanto a aplicação do CAA na prática e suas particularidades, viabilizando uma visão ampla das características do concreto e da importância de entendê-las para escolher a melhor metodologia construtiva.

### 2.1. Concreto

Segundo Mehta e Monteiro (2014), o concreto é um composto onde temos agregados e partículas aglutinados num meio aglomerante. Esse meio aglutinante é geralmente composto por cimento Portland hidratado, e os demais materiais presentes nesse meio são areia (agregado miúdo) e brita (agregado graúdo).

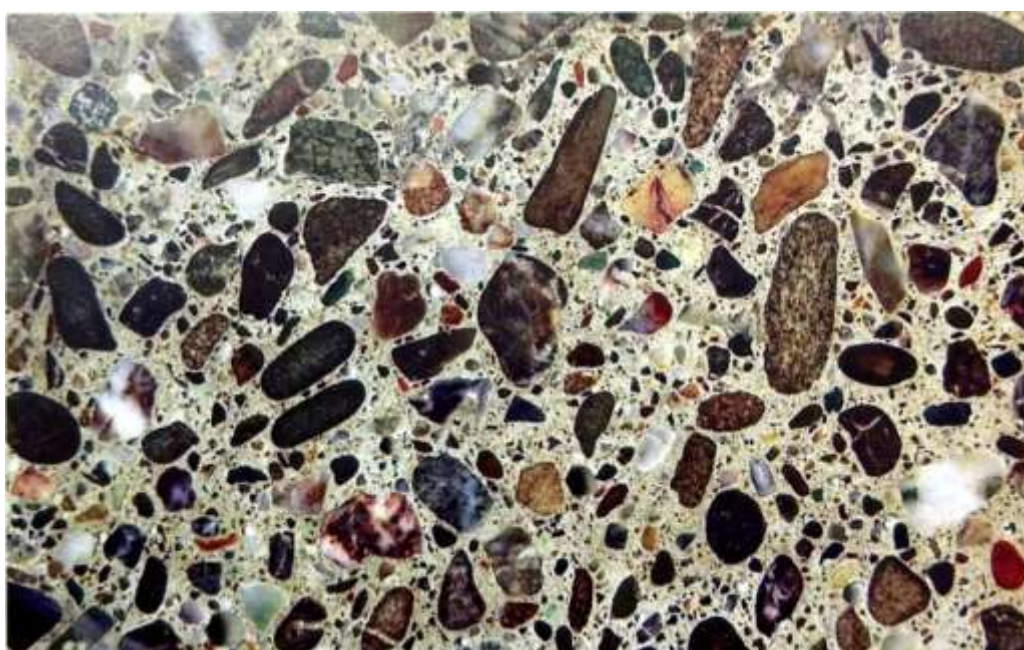
Para garantir que o concreto atinja os requisitos necessários no projeto é importante que se tenha uma dosagem adequada dos materiais que o compõem. Para Neville (2016), o estudo da tecnologia do concreto é responsável para que se tenha uma proporção adequada entre os materiais constituintes, a fim de obter uma mistura que atenda as propriedades físicas, químicas, mecânicas e de durabilidade necessárias do concreto. O autor (2016) comenta que também deve-se levar em consideração a trabalhabilidade do concreto para que ele consiga ser facilmente transportado e utilizado.

Quando os concretos frescos apresentam características (consistência e dimensão máxima do agregado) adequadas ao tipo da obra que se destinam (dimensões das peças, afastamento e distribuição das barras das armaduras)

e aos métodos de lançamento, de adensamento e de acabamento que vão ser adotados, não apresentam segregação ou exsudação, podem ser adequadamente compactados e envolvem totalmente as armaduras, diz-se ser ele trabalhável. (SOBRAL, 2000 p.7).

Por vezes o concreto pode ser considerado um material homogêneo, quando olhado no aspecto macroscópico, porém sabe-se que no âmbito microscópico este material apresenta heterogeneidades de várias maneiras. A Figura 1 apresenta a heterogeneidade da seção transversal do concreto, mostrando como os agregados se compartilham no meio aglomerante.

Figura 1: Seção de corpo de prova



Fonte: Mehta e Monteiro (2014).

Isaia (2016) afirma que o concreto é um material multifásico onde podemos encontrar pasta de cimento, agregados e vazios onde cada um desses elementos tem suas fases e características que influenciam diretamente no comportamento mecânico e na durabilidade do material.

Para se analisar a qualidade do concreto temos que levar em consideração tanto o estado fresco quanto o estado endurecido. Segundo Sobral (2000), as propriedades do concreto no estado endurecido e no estado plástico estão intimamente relacionadas e não podem ser analisadas de forma separada. Isso significa que para se obter um concreto de qualidade no estado endurecido, precisamos garantir sua qualidade no estado plástico.

### 2.1.1. Cimento

Segundo Neville (2016), o cimento pode ser entendido como um material adesivo e coeso que tem finalidade de unir fragmentos minerais em um só. Ele desenvolve um papel fundamental na microestrutura do concreto, pois ele é o responsável por manter todos os outros componentes unidos.

Mehta e Monteiro (2014) dizem que o cimento Portland é produzido a partir da moagem do clínquer (substância composta por óxido de cálcio, sílica, alumina e óxido de ferro) com sulfato de cálcio. Essa substância quando é hidratada, alguns componentes se dissolvem e ela entra em um estado líquido. Após alguns minutos, cristais se formam nessa mistura e ela começa o seu processo de endurecimento.

Segundo a NBR 16697 (2018), existem oito diferentes tipos de cimento sendo eles: Cimento Portland Comum (PC I), Cimento Portland Composto (CP II), Cimento Portland de Alto-Forno (CP III), Cimento Portland Pozolânico (CP IV), Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI), Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS), Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC) e o Cimento Portland Branco (CPB).

A tabela 1 mostra os limites de composição do cimento e sua resistência.

**Tabela 1:** Limites de composição do cimento Portland (porcentagem em massa)

Designação normalizada	Sigla	Classe de resistência	Sufixo	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
Cimento Portland comum	CP I	25, 32 ou 40	RS ou BC	95 - 100	0 - 5		
	CP I-S			90 - 94	0	0	out/19
Cimento Portland composto com escória granulada de alto-forno	CP II - E			51 - 94	06 - 34	0	0 - 15
Cimento Portland composto com material pozolânico	CP II - Z			71 - 94	0	06 - 14	0 - 15
Cimento Portland composto com material carbonático	CP II - F			75 - 89	0	0	11 - 25
Cimento Portland de alto-forno	CP III			25 - 65	35 - 75	0	0 - 10
Cimento Portland pozolânico	CP IV			45 - 85	0	15 - 50	0 - 10
Cimento Portland de alta resistência inicial	CP V <sup>a</sup>			ARI	90 - 100	0	0
Estrutural	CPB	25,32 ou 40		75 - 100	-	-	0 - 25

Designação normalizada		Sigla	Classe de resistência	Sufixo	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
Cimento Portland branco	Não estrutural		-	-	50 - 74	-	-	26 - 50
a No caso do cimento Portland de alta resistência inicial resistente a sulfatos (CP V - ARI RS), podem ser adicionadas escórias granuladas de alto-forno								

**Fonte:** ABNT NBR 16697 (2018).

Os tipos de cimento vão variar de acordo com as adições incorporadas a eles, cada uma delas dão ao cimento características específicas. Segundo a NBR 16697 (2018), podemos ter incorporação de clínquer + sulfatos de cálcio, escória granulada de alto-forno, material Pozolânico e material carbonático. As características dos cimentos com adições de escória e material Pozolânico é de ter uma pequena resistência inicial, porém um grande crescimento ao longo dos dias, chegando à maturação com alta resistência à compressão.

De acordo com cada característica adquirida tem-se uma utilização adequada, como podemos ver no Quadro 1. Os cimentos com maior resistência são utilizados para fins estruturais, o cimento branco é utilizado para fins arquitetônicos e os que contêm adições pozolânicas e de escória são aplicados na maioria das situações.

**Quadro 2:** Aplicações para cada tipo de cimento

Aplicação	Tipos de Cimento Portland
Argamassa de assentamento de tijolos e blocos	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP III e CP IV
Argamassa de assentamento de azulejos e ladrilhos	CP II-E, CP II-F, CP II-Z e CP IV
Argamassa de rejunte de azulejos e ladrilhos	CPB
Concreto simples (sem armadura)	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP III e CP IV
Concreto magro (para passeios e enchimentos)	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP III e CP IV
Concreto armado, com função estrutural	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP III, CP IV, CP V-Ari e CPB Estrutural
Concreto protendido com protensão das barras antes do lançamento do concreto	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP V-Ari e CPB Estrutural
Concreto protendido com protensão das barras após endurecimento do concreto	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP III, CP IV, CP V-Ari e CPB Estrutural
Concreto armado para desforma rápida, curado por aspersão de água ou produto químico	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP III, CP IV, CP V-Ari e CPB Estrutural
Concreto armado para desforma rápida, curado a vapor ou com outro tipo de cura térmica	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP III, CP IV, CP V-Ari e CPB Estrutural
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento curados por aspersão de água	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP V-Ari e CPB Estrutural
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos para desforma rápida, curados por vapor ou outro tipo de cura térmica	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP III, CP IV e CPB Estrutural
Pavimento de concreto simples ou armado	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP III, CP IV
Pisos industriais de concreto	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP III, CP IV e CP V-Ari

Aplicação	Tipos de Cimento Portland
Concreto arquitetônico	CPB Estrutural
Solo-cimento	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP III, CP IV
Argamassas e concretos para meios agressivos (água ou de esgotos)	CP III, CP IV e RS
Concreto massa	CP III, CP IV e BC
Concreto com agregados reativos	CP II-E, CP II-F, CP II-Z, CP III, CP IV

Fonte: ABCP (2019).

É notório o quanto a escolha do tipo correto influencia no desempenho da estrutura, por isso é necessário que os projetistas de cálculo estejam cientes dessa utilização na hora de projetar.

### 2.1.2. Agregados

“Agregado é um material granular, como areia, pedregulho, pedrisco, rocha britada, escória de alto forno ou resíduos de construção e de demolição, que é usado com um meio cimentício para produzir concreto ou argamassa.” (MEHTA; MONTEIRO, 2014 p.276).

Para Neville (2016), os agregados não têm forma, tamanho ou volume definidos e as suas dimensões e propriedades devem atender as exigências demandadas pelas obras de engenharia civil para que se fabrique concretos de cimento Portland. Ele fala também que os agregados podem ser naturais, britados, artificiais ou reciclados.

Pelo menos  $\frac{3}{4}$  do volume total da mistura é composto pelos agregados, que além de preencher os vazios da mistura, agregam resistência. Se temos um agregado de má qualidade ele pode afetar no desempenho do concreto quanto a sua resistência e até mesmo limitar sua durabilidade (NEVILLE, 2016).

Os agregados são separados de acordo com seu tamanho e podem ser classificados como miúdo ou graúdo. Para essa classificação, a NBR 7211 (2009) determina séries normal e intermediária de peneiras para que se possa fazer o ensaio de granulometria e classificá-los. Podemos conferir na Tabela 2 quais são as peneiras das séries normal e intermediária.

**Tabela 3:** Conjunto de peneiras das séries normal e intermediária

Série normal	Série intermediária
75 mm	-
-	63 mm
-	50mm
37,5 mm	-
-	31,5 mm
-	25 mm

Série normal	Série intermediária
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 mm	-
300 mm	-
150 mm	-

Fonte: ABNT 7211 (2009).

Existe uma relação de proporcionalidade inversa entre o tamanho da partícula do agregado e sua área superficial, quanto maior o agregado menor sua área molhada. Deste modo, é possível que se possa diminuir a quantidade de água utilizada no traço quando levamos o agregado a ter uma maior dimensão máxima, mantendo sua trabalhabilidade (NEVILLE, 2016).

#### 2.1.2.1. Agregado Miúdo

A NBR 7211 (2009) classifica como agregados miúdos todos aqueles que são passantes da peneira de abertura de malha de 4,75 mm, desde que se adequem aos requisitos de porcentagem mínima e máxima de material retido em cada peneira. Outros agregados que não estejam de acordo com essa especificação podem ser utilizados desde que sejam feitos estudos prévios de dosagem.

Na Tabela 3 pode-se conferir os valores das porcentagens necessárias de material passante para poder caracterizar o agregado como miúdo.

**Tabela 4:** Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,74 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

**NOTAS**

1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90

2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20

3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50

**Fonte:** NBR 7211 (2009).

Dependendo da porcentagem retida em cada peneira podemos classificar os agregados, porém se o agregado possuir uma porcentagem retida na peneira limite (4,5 mm) ele não pode ser classificado como miúdo pois a quantidade de agregados com grande dimensão excede o desejado.

#### 2.1.2.2. Agregado Graúdo

De acordo com Mehta e Monteiro (2014), os agregados graúdos são caracterizados por ficarem retidos na peneira de abertura de malha 4,75 (peneira nº 4). Como os agregados miúdos, alguns limites granulométricos são exigidos na caracterização do agregado graúdo. Esses limites estão expressos na tabela 4.

**Tabela 5:** Limites granulométricos de agregado graúdo

Graduação	152	76	64	50	38	32	25	19	12,5	9,5	6,3	4,8	2,4
0							-	-	0	0 - 10	-	80	95 - 100
1	-	-	-	-	-	-	0	0 - 10	-	80 - 100	92 - 100	95 - 100	-
2	-	-	-	-	-	0	0 - 25	75 - 1000	90 - 100	95 - 100	-	-	-
3	-	-	-	0	0 - 30	75 - 100	87 - 100	95 - 100	-	-	-	-	-

Graduação	152	76	64	50	38	32	25	19	12,5	9,5	6,3	4,8	2,4
4	-	0	0 - 30	75 - 100	90 - 100	95 - 100	-	-	-	-	-	-	-
5 (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(A) As porcentagens são fixadas de acordo com o item 1.4.

Fonte: ABNT NBR 7122 (2009).

A NBR 7122 (2009) preconiza que, assim como acontece nos agregados miúdos, se a percentagem de agregados graúdos exceder ou não atingir os limites inferior e superior o mesmo não pode ser caracterizado como graúdo, pois não atinge as especificações de projeto.

### 2.1.3. Água

A água é um componente essencial e importantíssimo para a vida. Ela é o único composto que está presente na vida humana em todos os aspectos, seja para dessedentação, higiene, indústrias da construção civil, alimentação, dentre muitos outros.

Para Neville (2016), a água é um elemento essencial para o concreto, pois quando ela entra em contato com o cimento eles formam uma pasta que é responsável por aglutinar os agregados. Além dessa característica, a água também é responsável por conferir compacidade, o que faz com que as estruturas tenham o desempenho, a durabilidade e a vida útil especificados no projeto.

Sobral (2000) afirma que a maior parte dos poros existentes no concreto é preenchido por água, isso explica por que temos a relação água/cimento como parâmetro. Além do  $a/c$ , o fator água/mistura seca (cimento e agregados) é de suma importância, principalmente na hora de estabelecermos a dosagem.

A escolha do teor de água no concreto fresco adequado ao processo de preparação é de grande importância para o êxito da operação. Se for usada uma mistura muito seca, o resultado é um adensamento inadequado e superfícies externas mal-acabadas, ou um custo excessivo do concreto, pelo consumo excessivo de energia. Por outro lado, uma mistura muito úmida pode levar à segregação e à baixa qualidade, além de encarecer a mistura (SOBRAL, 2000 p.7).

Também é importante ressaltar que, além da água utilizada no traço, se deve incluir a água que está indiretamente afetando a mistura. Podemos citar como



exemplo a água contida nos agregados quando molhados previamente, ou a água utilizada para lavar a betoneira, dentre outros casos.

Na Figura 2 pode-se observar a mesma quantidade de cimento com diferentes proporções de água. É possível analisar a trabalhabilidade da mistura de acordo com a fluidez.

**Figura 2:** Pasta do mesmo cimento Portland com diferentes relações água/cimento



**Fonte:** Isaía, (2016)

Da esquerda para direita, de cima para baixo temos os seguintes valores de  $a/c$ : 0.6, 0.5, 0.4 e 0.3. Pode-se perceber a perda gradual de trabalhabilidade conforme a quantidade de água diminui com a mesma proporção do cimento (ISAIA, 2016).

#### 2.1.4. Aditivos.

Os aditivos hoje são amplamente utilizados pois eles são capazes de conferir ao concreto propriedades que antes não era possível obter, permitindo que a utilização do concreto fosse ampliada para situações em que antes existiam dificuldades consideráveis ou mesmo insuperáveis (NEVILLE, 2016).

O uso dos aditivos é imprescindível quando se pretende utilizar adições minerais pois eles têm a capacidade de diminuir a quantidade de água necessária para que se consiga a trabalhabilidade desejada. Sem os aditivos, a relação água/cimento teria que ser aumentada e, conseqüentemente, haveria uma perda da capacidade do concreto de resistir às tensões normais (Soares, 2016).

O quadro 2 elenca as normas em vigor no Brasil, Estados Unidos e Europa que tratam de aditivos químicos para concreto.

**Quadro 1:** Resumo das normas brasileiras, americanas e europeias sobre aditivos químicos para concreto.

Procedência	Identificação	Título	Ano
Brasil	ABNT NBR 11768	Aditivos para Concreto de Cimento Portland.	2011
Brasil	ABNT NBR 12317	Verificação do Desempenho de Aditivos para Concreto.	1992
Brasil	ABNT NBR 10908	Aditivos para Argamassa de Concreto - Ensaio de Uniformidade - Método de ensaio.	2008
Europa	EN 934	Admixtures for Concrete, Mortar and Grout.	2009
Europa	EM 480	Admixtures for Concrete, Mortar and Grout - Tests Methods.	2001
Estados Unidos	ASMT C 1017/ C1017M	Standart Specification for Chemical Admixtures for use in Production of Flowing Concrete.	2007
Estados Unidos	ASMT C 1141/ C1141M	Standart Specification for Admixtures for Shotcrete.	2008
Inglaterra	BS 5075 Part 1	Concrete Admixtures. Specifications for Accelerating Admixtures, Retarding Admixtures and Water Reducing Admixtures.	1982
Inglaterra	BS 5075 Part 2	Concrete Admixtures. Specifications for Superplasticizing Admixtures.	1985
Estados Unidos	ASMT C 260/ C260M	Standart Specification for Air-entraining admixtures for concrete.	2010
Estados Unidos	ASMT C 1582/ C1582M	Standart Specifications for Admixtures to inhibit Chloride-Induced Corrosion of Reinforcing Steel in Concrete.	2004
Estados Unidos	ASMT C 494/ C494M	Chemical Admixtures for Concrete.	2010
Espanha	UNE - EN 934	Aditivos para Hormigones, Morteros y Pastas.	2002

**Fonte:** Isaia (2016).

Segundo Mehta e Monteiro (2014), os aditivos químicos podem ser classificados pelas suas funções: redutores de água, aceleradores de pega, redutores de pega, incorporadores de ar, dentre outros. Dentro da classificação dos aditivos redutores de água temos os plastificantes e os superplastificantes.

#### 2.1.4.1. Plastificantes

Para Isaía (2016), os aditivos químicos plastificantes são compostos por lignosulfonatos, sais de ácido hidroxicarboxílico e polissacarídeos. O lignosulfonato é obtido a partir do rejeito líquido do processo de extração da celulose da madeira e contém uma mistura complexa de compostos químicos, produtos da decomposição da celulose, carboidratos e ácidos sulfúricos.

A eficiência dos aditivos redutores de água em relação à resistência varia consideravelmente de acordo com a composição do cimento – sendo maior quando utilizados com cimentos com baixo teor de álcalis ou baixo teor de  $C_3A$ . (NEVILLE, 2016; p. 268).

#### 2.1.4.2. Superplastificantes

Os aditivos químicos superplastificantes podem reduzir a água de amassamento de três a quatro vezes a água de amassamento quando comparado a um aditivo redutor de água comum, enquanto os aditivos plastificantes conseguem reduzir de 10 a 15% da quantidade de água de amassamento, os superplastificantes reduzem de 20 a 30%. A tensão superficial da água circundante é reduzida pelos surfactantes aniônicos de cadeia longa que o constitui, causando uma elevada fluidez no sistema. (Mehta, Monteiro, 2014).

Ainda segundo Mehta e Monteiro (2014), é recomendado que se use a quantidade de até 1% de aditivo sem que haja problemas como exsudação excessiva, segregação ou retardamento de pega. Ao contrário dos aditivos plastificantes, é comum que haja um aceleração na pega devido a uma rapidez na hidratação causado pela ótima dispersão das partículas de cimento na água.

## 2.2. Paredes de Concreto

O crescimento do consumo de concreto é uma tendência mundial, atingindo o patamar de 11 bilhões de toneladas em 2009, sendo o segundo produto mais consumido em todo o globo, perdendo apenas para água (ABCP, 2013; ATEX, 2020; PEDROSO, 2009).

Nesse contexto, de acordo com dados divulgados pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o consumo de concreto usinado cresceu 180% entre os anos de 2005 e 2012, sendo motivado, principalmente pela utilização

de sistemas estruturais de concreto moldado *in loco*, notadamente a metodologia de Paredes de Concreto (ABCP, 2013).

Lima e Costa (2018) apontam que esse sistema estrutural vem substituindo gradativamente métodos tradicionais, como a utilização de alvenaria estrutural, principalmente no nicho de Habitação de Interesse Social (HIS).

Sabendo que o segmento HIS, comumente associado ao Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) – Faixa 1, representa hoje uma grande parcela do mercado da construção civil (MOREIRA, 2020), é natural que isso reflita diretamente na demanda das concreteira e cimenteiras, que atualmente somam uma capacidade instalada superior a 102 milhões de toneladas por ano (ABCIC, 2019).

As principais características desse sistema construtivo estão relacionadas a sua alta produtividade e bom desempenho. Tendo em vista tais aspectos o sistema deve ser planejado de forma a atendê-los.

Para compreender a adesão dessa metodologia construtiva, é importante compreender o método de concretagem tradicional, com concreto moldado *in loco*, e a execução da parede concreto. Assim, para que o leitor tenha uma visão holística dos processos, apresenta-se na Figura 3 um visão geral do processo de concretagem tradicional em relação a parede de concreto.

Figura 3 – Visão geral do processo executivo de estruturas de concreto armado moldado *in loco* x Parede de Concreto



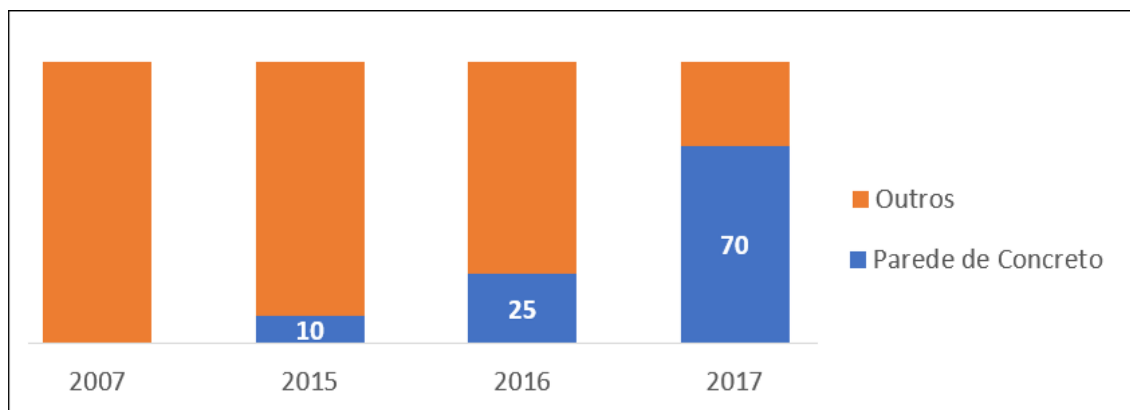
Legenda: CTC<sup>1</sup> - Controle Tecnológico do Concreto. Fonte: A autora (2021).

Depreende-se da Figura 3 que a adoção do método construtivo parede de concreto permite uma construção mais industrializada e com elevada produtividade, havendo a necessidade de menos pessoas em campo para a realização dos serviços (WENDLER, MONGE, 2018).

Moreira (2020) e Lima e Costa (2018) apontam que a utilização de paredes de concreto é cada vez mais utilizada por empresas construtoras, principalmente no

segmento de HIS, nicho no qual a produtividade é de suma importância para a lucratividade da empresa. A Figura 4 apresenta a migração de uma empresa construtora ao longo dos anos para a metodologia paredes de concreto.

Figura 4 – Evolução da aplicação do método construtivo paredes de concreto em uma construtora



Fonte: Lima e Costa (2018).

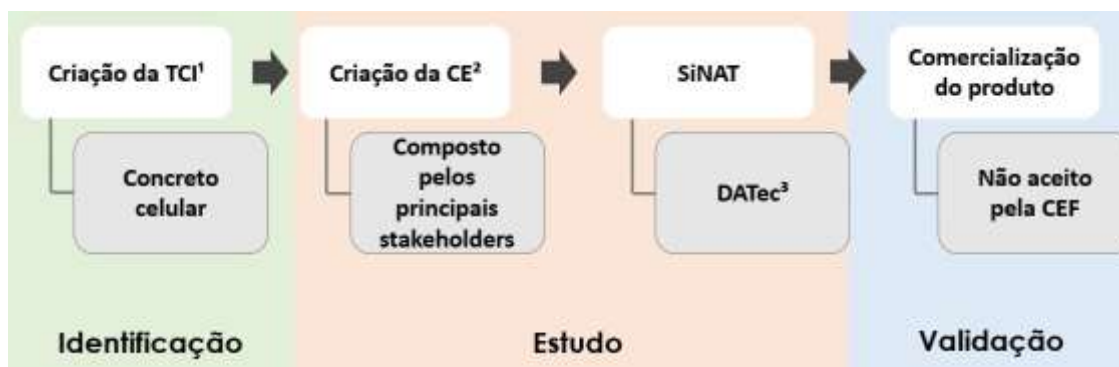
É importante mencionar que a metodologia aqui debatida se trata de uma Tecnologia Construtiva Inovadora (TCI), haja visto que as normas técnicas existentes não estabelecem diretrizes técnicas para ratificar a eficácia dessa metodologia (BRITO *et al.*, 2017).

A homologação desse sistema fica a cargo do Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SiNAT), cujo objetivo é:

mobilização da comunidade técnica nacional para dar suporte à operacionalização de um conjunto de procedimentos reconhecido por toda a cadeia produtiva da construção civil, com o objetivo de avaliar novos produtos utilizados nos processos de construção (SiNAT, 201-).

Ainda nesse seara de discussões, é importante salientar que a Caixa Econômica Federal (CEF) tem uma papel importante para aprovação de uma TCI. O processo de validação de uma TCI é apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Fluxo de Aprovação de uma TCI



Legenda: TCI¹ - Tecnologia Construtiva Inovadora; CE² - Comissão de Estudo; DATec³ - Documento de Avaliação Técnica. Fonte: Moreira (2020).

Moreira (2020) aponta que o fato de a CEF ser responsável por cerca de 70% dos financiamentos de HIS tem um peso muito grande impacto na comercialização de TCI, pois caso ela não a aprove, não financiará obras com seus recursos.

Ademais, destaca-se que para a utilização dessa metodologia ser bem sucedida e ser traduzida em ganhos financeiros a empresa, aspectos como a simetria na geometria, o alinhamento entre paredes, a modulação de medidas e a padronização das distâncias entre pisos deve ser levada em consideração (BRAGUIM, 2013).

Assim, para a elaboração de um projeto é necessário o envolvimento de uma equipe multidisciplinar afim de compatibilizar os projetos e garantir que os aspectos químicos, físicos e construtivos estejam sendo levados em consideração (MORQUECHO; 2016).

### 2.3. Concreto Autoadensável

O concreto é o elemento construtivo mais utilizado no mundo, em função de sua resistência à água, facilidade de moldar peças de acordo com a necessidade de cada projeto e o baixo custo de seus componentes (METHA, MONTEIRO, 2014).

Contudo, o desgaste prematuro de estruturas de concreto vem sendo palco de discussões porque o colapso destas torna-se um risco eminente, além de ser função do nível de deterioração do sistema (POSSAN, DEMOLINER, 2013; HASPARYK, KUPERMAN, TORRES, 2012).

Nesse contexto, a utilização do CAA em obra foi fortemente influenciada por uma nova perspectiva dos agentes construtivos, os quais passaram a enxergar o

concreto além de sua característica de resistência à compressão e introduziram a durabilidade das estruturas de concreto como um fator que deve ser ponderado e analisado (COSTA, CABRAL, 2019).

Embora no Brasil a utilização desse material ainda seja tímida, limitando-se mais a indústria de pré-fabricados (TUTIKIAN et al., 2006; NUNES et al., 2009), estudos recentes mostram que a utilização do CAA em obras verticais tendem a reduzir cerca de 50% do tempo necessário para o lançamento do concreto (FARIA, 2008; SERRA, 2015).

Segundo um estudo realizado pela Votorantim Cimentos revelou a diferença monetária e de mão de obra comparando CAA em relação ao concreto convencional, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 – CAA x Concreto Convencional

<b>RESULTADOS ECONÔMICOS (COMPARATIVO)</b>				
<b>CONCRETO</b>	<b>1. CC</b>	<b>2. CAA</b>	<b>3. CAA</b>	<b>4. CAA</b>
<b>FORMA</b>	MAD	MAD	MET	MET
<b>CUSTO</b>	R\$ 31.336*	R\$ 28.493	R\$ 24.784	R\$ 20.154
<b>GANHOS</b>	-	<b>-9%</b>	<b>-21%</b>	<b>-36%</b>
		<b>- R\$ 2.873</b>	<b>- R\$ 6.582</b>	<b>- R\$ 11.212</b>
<b>Quais foram os resultados?</b>		<b>CONCRETO AUTODENSÁVEL</b>		<b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>
<b>CUSTO DO MATERIAL:</b>		<b>RS 287,00</b>	<b>+27%</b> ↑	<b>RS 225,00</b>
<b>MÃO DE OBRA (nº de pessoas):</b>		<b>18 PESSOAS</b>	<b>-22%</b> ↓	<b>23 PESSOAS</b>
<b>MÃO DE OBRA (homem / hora):</b>		<b>37,5 homem/hora</b>	<b>-54%</b> ↓	<b>82,4 homem/hora</b>
<b>TEMPO EXECUÇÃO (horas):</b>		<b>2h05min</b>	<b>-42%</b> ↓	<b>3h35min</b>
<b>RUP (H/h):</b>		<b>1,04</b>	<b>-117%</b> ↓	<b>2,28</b>

Fonte: Votorantim Cimentos (201-).

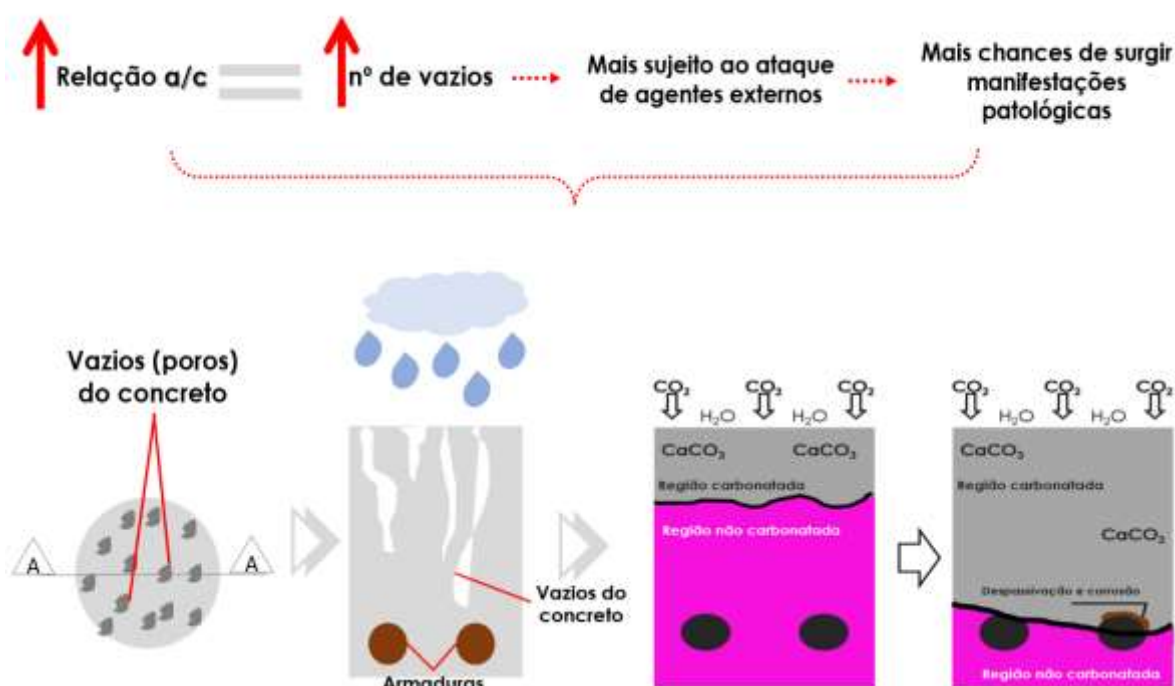


Cabral *et al.* (2019) apontam, ainda, que as melhorias em utilizar o CAA em relação ao concreto convencional estão relacionadas, sobretudo, a agilidade na concretagem, redução na quantidade de equipamentos utilizado (não há necessidade de vibrador) e melhoria na qualidade das peças.

Além disso, Costa (2017) menciona que a utilização desse tipo de concreto permite que sejam cumpridas exigências do projeto estrutural, como atendimento ao módulo de elasticidade e da relação água/cimento (a/c). O controle de tais variáveis permite uma visão macro do concreto, em termos de durabilidade.

Nesse contexto, é importante que o leitor compreenda como o controle de novos parâmetros pode afetar a vida útil<sup>1</sup> da estrutura. Para tal, apresenta-se na Figura 7 como a relação a/c pode influenciar na qualidade e durabilidade das estruturas de concreto.

Figura 7 – A influências do módulo de elasticidade e da relação a/c na durabilidade do concreto



Fonte: A autora (2021).

Já em relação ao atendimento do módulo de elasticidade, mencionado por Costa (2017), o cumprimento desse parâmetro muitas vezes é negligenciado, estimando-se que o valor encontrado empiricamente será atendido quando a edificação estiver em uso, fato que pode ser prejudicial, pois, caso esse parâmetro não seja

<sup>1</sup> Vida útil (VU) é o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos. VU não pode ser confundida com prazo de garantia legal ou contratual (ABNT, p. 22, 2013).

atendido, as deformações inerentes a estruturas podem ocasionar patologias em função dos esforços horizontais não previstos (ALTHEMAN, ROCHA, 2014).

Ademais, é importante destacar que o CAA necessita de cuidados especiais, em função de suas particularidades, as quais serão debatidas nos tópicos subsequentes.

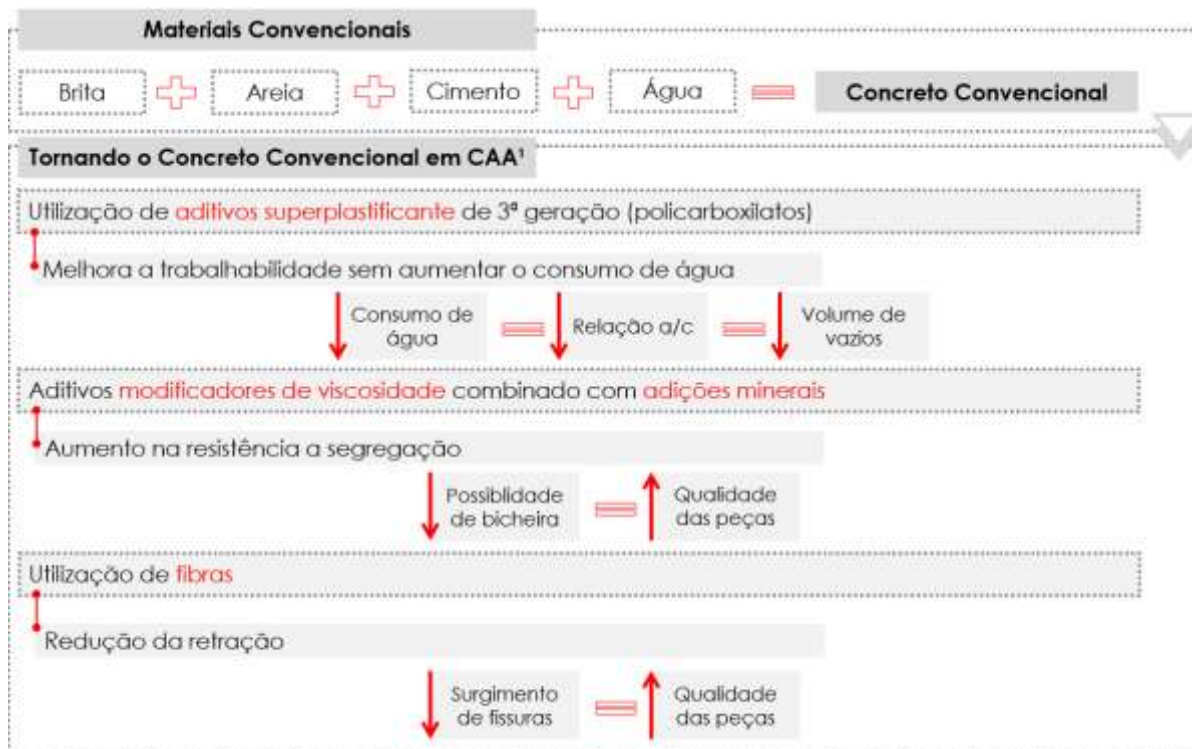
### 2.3.1. Dosagem

Segundo a European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (ENFARC, 2002) e Cabral et al. (2019) três características são imprescindíveis para a dosagem de um CAA. São elas: fluidez, habilidade passante e resistência à segregação.

Embora os materiais empregados para confecção do CAA sejam os mesmos do concreto convencional, as quantidades empregadas são diferentes e a utilização de adições minerais e aditivos garantem propriedades totalmente distintas no estado fresco, conforme pontua Aslani e Nejadi (2012).

A Figura 8 apresenta uma visão geral dos materiais utilizados para a dosagem de um CAA.

Figura 8 – Materiais utilizados para a dosagem do CAA e sua influência



Legenda: CAA¹ - Concreto Autoadensável. Fonte: Elaborado pela autora a partir de Tutikian e Dal Molin (2015), Araújo (2003) e Cabral (2019).

Para que os materiais apresentados na Figura 7 sejam utilizados de maneira eficiente, faz-se necessário a utilização correta do método de dosagem.

Contudo, dada as particularidades do CAA, ainda não existe um método de dosagem único, sendo necessário utilizar, entre as metodologias existentes, aquela que melhor adequa-se aos materiais constituintes da mistura (CAZACU *et al.*, 2017).

Como o tipo de agregado utilizado, o tipo de adição mineral implantada e qual o aditivo químico será utilizado são fatores que implicam diretamente no desempenho do CAA, cada dosagem torna-se única, justificando, assim, a não existência de um método padrão.

Ademais, é importante destacar que, em função de suas características no estado fresco, o CAA demanda uma série de ensaios para a efetiva validação de seu traço. Tal assunto é abordado no tópico subsequente.

### 2.3.2. *Ensaio*

Como já mencionado, o CAA deve apresentar três características no estado fresco: fluidez, habilidade passante e resistência à segregação (ENFARC, 2002; CABRAL *et al.*, 2019).

De acordo com a NBR 15823-1 (ABNT, p. 9, 2017) a propriedade de fluidez pode ser traduzida como a “capacidade do concreto autoadensável de fluir dentro da fôrma e preencher todos os espaços”.

Já no tangente a habilidade passante, a normativa define como a “capacidade do concreto autoadensável de fluir dentro da fôrma, passando entre os embutidos, sem obstrução do fluxo ou segregação” (ABNT, p. 9, 2017)

E, por fim, a resistência à segregação pode ser entendida como a capacidade do CAA “permanecer com sua composição homogênea durante as etapas de transporte, lançamento e cura” (ABNT, p. 9, 2017).

Compreender tais características e o que elas representam na prática é de vital importância para a correta dosagem e validação do traço de CAA que será utilizado, pois os ensaios necessários para sua validação têm como pilares esses conceitos.

O Quadro 3 apresenta os ensaios que podem ser feitos no CAA no estado fresco em função de sua aplicação

Quadro 3 – Requisitos para o CAA no estado fresco em função de sua aplicação

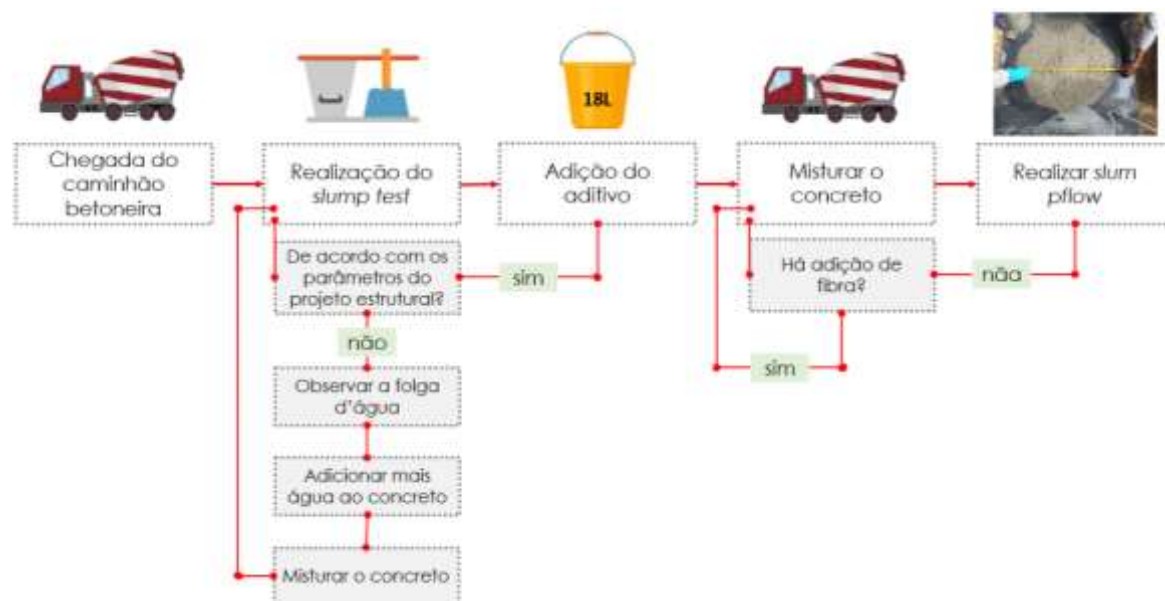
Parâmetro	Ensaio	Requisitos de aceitação	Norma (ABNT, 2017)
Fluidez e escoamento	Espalhamento (SF)	Para todas as aplicações	NBR 15823-2
Viscosidade plástica e aparente	T <sub>500</sub> (VS)	Para todas as aplicações	
	Em fluxo confinado pelo funil (VF)	A depender da função da aplicação	NBR 15823-5
Habilidade passante	Anel J (PJ)	Para todas as aplicações	NBR 15823-3
	Sob fluxo confinado pela caixa L (PL)	A depender da função da aplicação	NBR 15823-4
	* Sob fluxo confinado pela caixa U (PU)		
Resistência à segregação	Coluna de segregação (SR)	A depender da função da aplicação	NBR 15823-6
	*Método da peneira (TP)		

Legenda: (\*)Ensaio facultativos. Fonte: Cabral *et al.*, (2019b).

Além dos ensaios descritos no Quadro 3, a NBR 15823 (ABNT, 2017) menciona a NBR 12655 (ABNT, 2015) quanto aos parâmetros de aceitabilidade do concreto ainda no estado fresco.

Visando elucidar o leito de como esse procedimento é feito na obra apresenta-se a Figura 9.

Figura 9 – Procedimento para aceitação do CAA em obra



Fonte: Elaborado pela autora a partir de NBR 15823-1 (ABNT, 2017).

É importante destacar que embora a Figura 8 retrate que o ensaio final que deve ser feito para aceitabilidade do CAA em obra é o *slump flow*, a NBR 15823-1 (ABNT, 2017) menciona que também deve ser feito o T<sub>500</sub>.

Contudo, optou-se por suprimir esse ensaio porque na prática observa-se que, usualmente, apenas o *slump flow* é realizado.

Cabral *et al.*, (2019) aponta que os demais ensaios descritos no Quadro 3 comumente só são realizados no primeiro caminhão betoneira da concretagem e os demais apenas é realizado o *slump flow*. Essa medida é adotada para aumentar a produtividade desse processo em obra.

Ademais, em relação aos ensaios para atestar a qualidade do concreto no estado endurecido os procedimentos adotados são os menos para o concreto convencional: resistência à compressão axial, de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015) e NBR 5739 (ABNT, 2015).

Todavia, no caso específico da utilização do CAA em paredes de concreto, o primeiro rompimentos do corpos de prova (CP) de concreto ocorrerão após 14h do final da concretagem.

Tal particularidade ocorre em função do tipo de cimento utilizado que é o CP V-Ari, o qual apresenta alta resistência inicial, necessário para que ocorra a retirada das fôrmas de concretagem. Essa característica é um dos fatores que garante a alta produtividade do sistema de paredes de concreto, pois diferente do sistema convencional não há necessidade de esperar 7 dias para que o conjunto de fôrmas seja retirado e utilizado em outro local.

Dada a necessidade dos resultados em poucas horas, costuma-se observar que em obras que utilizam a metodologia de paredes de concreto é necessário que haja um laboratório de controle tecnológico de concreto (CTC) dentro do canteiro de obras. Assim, visa-se assegurar que a produtividade da obra.

Ademais, de maneira análoga ao CTC realizado para o concreto convencional, realiza-se, também, rompimento aos 7 e 28 dias, visando atingir a todos os parâmetros estabelecidos no projeto estrutural.

### 3. METODOLOGIA

O presente tópico fita apresentar o delineamento utilizado neste trabalho. Para tal, apresentar-se-á a na Figura 10 a tipologia da pesquisa utilizada com o fito de guiar o leitor no passo a passo adotado para a coletado de dados.

Figura 10 – Tipologia da Pesquisa

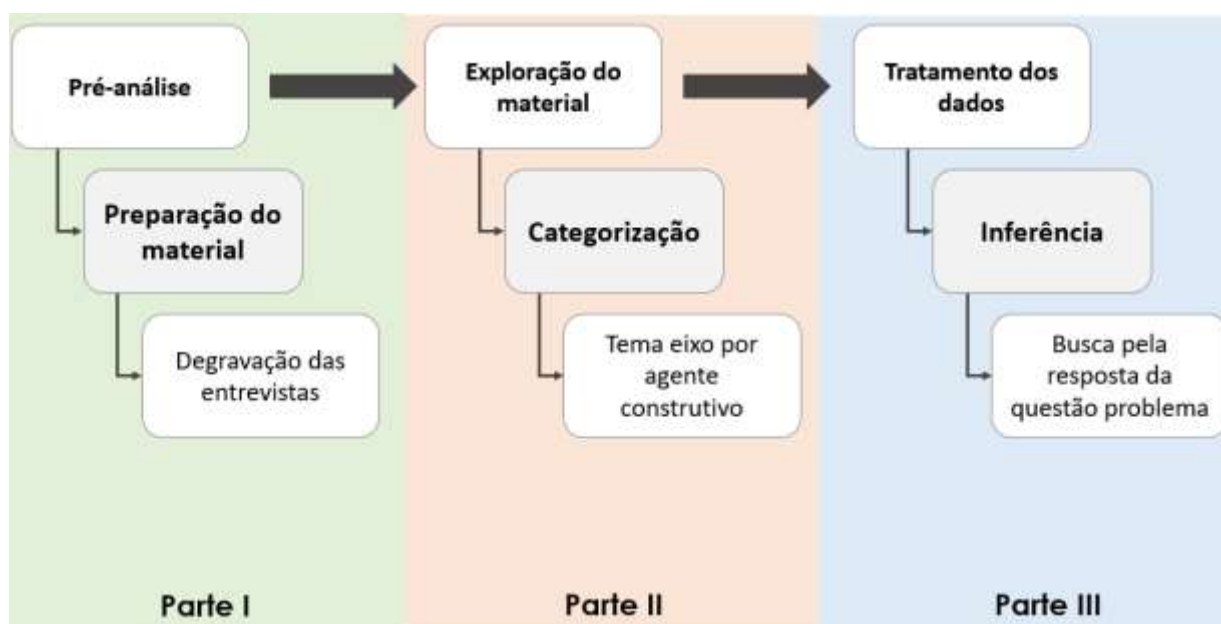


Fonte: Elaborado pela autora a partir de Vergara (2016), Creswell e Clark (2013), Yin (2015).

Os dados coletados no estudo foram oriundos de entrevistas realizadas com dois agentes construtivos, sendo o primeiro a empresa construtora que utiliza a metodologia paredes de concreto para a execução de um empreendimento residencial multifamiliar do tipo HIS e o segundo o laboratório que realizou o controle tecnológico do concreto utilizado.

As entrevistas foram gravadas, ante autorização prévia dos entrevistados, e, em seguida, degavadas. Tal procedimento viabilizou a análise de conteúdo com base em Bardin (2010), seguindo a metodologia apresentada na Figura 11.

Figura 11 – Abordagem utilizada para análise de conteúdo das entrevistas



Fonte: Moreira (2020).

Seguindo o prescrito por Bardin (2010, p.106), para a análise das entrevistas, há a necessidade de escolher temas eixos, os quais serão adotados como “[...] unidades de registros para estudar motivações de opiniões [...]”. Para este estudo os temas eixos foram generalizados aos agentes construtivos entrevistados, haja visto que suas escolhas foram embasadas nas dificuldades apontadas pela literatura, e são os seguintes:

- a. Motivação da escolha para a metodologia construtiva paredes de concreto;
- b. Dificuldades de adaptação;
- c. Principais obstáculos; e
- d. Principais ganhos.

Isto posto, debate-se nos próximos tópicos as características da pesquisa desenvolvida.

### 3.1. Delineamento da Pesquisa

O presente estudo teve por finalidade compreender as principais dificuldades relacionadas a utilização da metodologia paredes de concreto. Assim, seguiu-se o delineamento apresentando na Figura 12.



Figura 12 – Delineamento da Pesquisa



A etapa *compreensão* foi apresentada no capítulo intitulado Referencial Teórico e atuou como balizador para as etapas seguintes, servindo como base para a elaboração do roteiro de entrevistas e da escolha dos temas eixos para análise dos dados coletados.

Já na etapa *desenvolvimento* teve como fim a realização das entrevistas com a empresa construtora, centrada na figura do gestor da obra, e com o laboratório de controle tecnológico. Destaca-se que foram elaborados roteiros distintos para cada agente construtivo, os quais encontra-se disponíveis nos Apêndices A e B, respectivamente.

Ademais, as entrevistas foram conduzidas por roteiros semiestruturados, pois como aponta Moreira (2020) isso permite que cada interveniente discorra livremente sobre sua realidade, permitindo ao entrevistador um conhecimento mais profundo acerca das dificuldades enfrentadas.

Assim, apresenta-se no tópico subsequente a análise discussão dos resultados obtidos.

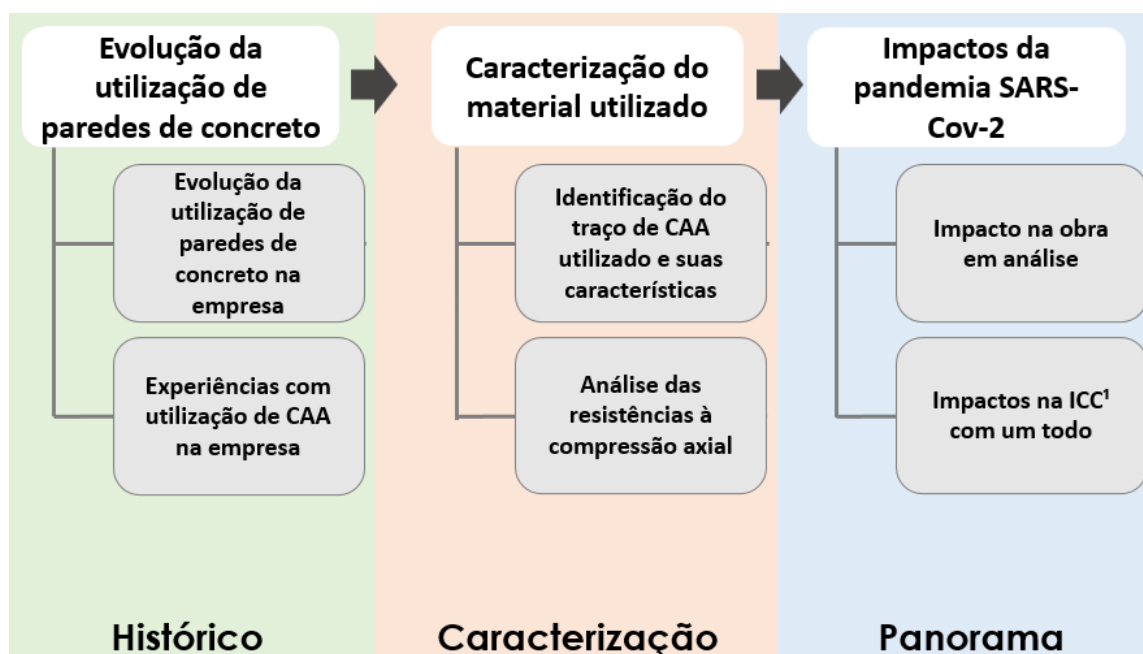


#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo destina-se a análise das entrevistas realizadas com os agentes construtivos (engenheiro responsável pelo acompanhamento da obra e com o laboratório responsável pelo controle do concreto utilizado), conforme detalhado no capítulo 3.

Para tal, a seção foi estruturada seguindo os objetivos específicos desse estudo, os quais apresentam a linha de raciocínio exposta na Figura 13.

Figura 13 – Estruturação dos resultados obtidos



Legenda: ICC<sup>1</sup> - Indústria da Construção Civil. Fonte: A autora (2020).

As principais características dos agentes construtivos estudados são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Caracterização dos agentes construtivos entrevistados

Entrevistado: construtora/incorporadora				
Escopo de tempo de atuação	Obras			Entrevistado
	Residenciais HIS concluídas	Residenciais HIS em execução	Comercial concluídas	
7 anos, Construção/ incorporação residencial particular e HIS <sup>1</sup> e comercial	9	1	2	Coordenador de obra

Entrevistado: laboratório de controle tecnológico				
Escopo de tempo de atuação	Estados de atuação	Obras de Parede de Concreto		Entrevistado
		Em execução	Com início para 2021	
1,5 anos, realiza ensaios voltados para qualidade dos materiais da construção civil, sendo uma de suas principais áreas o CTC <sup>2</sup> . Além disso, atua na área de análise estrutural, realizando ensaios e modelagem numérica das estruturas	Ceará e Maranhão	1	2	Diretora técnica

Legenda: HIS<sup>1</sup> - Habitação de Interesse Social. CTC<sup>2</sup> - Controle Tecnológico de Concreto. Fonte: A autora (2020).

A pesquisa foi conduzida em um empreendimento localizado no município do Eusébio-CE, a 27,3 km da capital do estado.

O residencial será um conjunto habitacional popular (HIS) do tipo Minha Casa, Minha Vida (MCMV), classificado na categoria Faixa 1,5, para famílias com renda de até R\$ 2.600,00.

Além disso, o empreendimento, possui o Selo Casa Azul Caixa, que é:

[...] um instrumento de classificação socioambiental destinado a propostas de empreendimentos habitacionais que adotem soluções eficientes na concepção, execução, uso, ocupação e manutenção das edificações (CAIXA, 201-).

As vantagens em se obter esse tipo de certificação foram apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Vantagens de se obter o selo Casa Mais Azul

Construtor	Utente	Sociedade
Desconto nas taxas de juros de financiamento para a construção do empreendimento.	Taxa de juros diferenciadas para a aquisição da unidade habitacional.	Redução dos impactos ambientais ao utilizar racionalmente os recursos naturais.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Já as informações relativas as características do empreendimento são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Características do Empreendimento

Área total construída	Número de Torres	Número de pavimentos	Total de unidades	Unidades/Pavto.	Elevadores
12.788,66 m <sup>2</sup>	3	Térreo + 6 pavimentos	196	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Torre 01: 8 und./pavto.</li> <li>• Torre 2 e 3: 10 und./pavto.</li> </ul>	1 und./torre

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Atendendo as prescrições da NBR 15.575 (ABNT, 2013) cada torre conta com 2 unidades destinadas a pessoas com deficiência (PCD), ambas localizadas no térreo.

Até o momento de realização das entrevistas, a obra encontrava-se com 27% do seu cronograma físico-financeiro cumprindo, já tendo findada as etapas de terraplanagem e fundação. A título de ilustração, apresenta-se na Figura 14 a perspectiva geral do empreendimento.

Figura 14 – Perspectiva geral do empreendimento



Isto posto, discorre nos tópicos subsequentes os resultados obtidos por meio das entrevistas realizadas.

#### **4.1. Evolução da utilização da metodologia Paredes de Concreto**

A empresa objeto da presente monografia utiliza a metodologia paredes de concreto a 4 anos.

Segundo o coordenador de obras entrevistado, a opção por se utilizar esse método construtivo ocorre porque:

Quando eu utilizo Paredes de Concreto eu tenho uma série de vantagens que eu não tenho em nenhum outro sistema, seja na alvenaria estrutural ou no concreto molado *in loco*.

[...]

Eu consigo, por exemplo, reduzir minhas despesas indiretas porque eu tenho condições de flexibilizar meu cronograma. Eu não fico mais atrelado a

nenhum processo construtivo. [...] Por exemplo, depois que eu termino a concretagem, rapidamente desformo e a superfície já está pronta para receber a pintura.

[...]

Além disso, as minhas fôrmas ficam livres para uso muito mais rápido. Se você parar para pensar que no método tradicional eu preciso esperar uma semana para poder retirar as escoras, é uma grande quantidade de dinheiro que fica ali parada, pois eu alugo aquele material. Então eu teria que alugar ou comprar mais, gastar mais, para poder compensar aquele momento que ele fica parado (Dados da pesquisa, 2020).

Além disso, o interveniente destaca que a produtividade do sistema da metodologia Parede de Concreto foi outro fator determinante para a empresa construtora adotar completamente esse metodologia em todas as suas obras do tipo HIS. Ele destaca:

Já trabalhei com outros sistemas, alvenaria convencional e estrutural, e até mesmo com Casas Olé, que também é pré-moldado. Todo sistema pré-moldado ou quando você trabalha com fôrmas, que é o caso da Parede de Concreto, ele é bem mais produtivo. Não há comparação. (Dados da pesquisa, 2020).

Em relação a produtividade da obra, segundo informações fornecidas pelo entrevistado, para a montagem das fôrmas metálicas, são necessários uma equipe com 3 pessoas. Esse grupo leva, em média, um dia para retirar as fôrmas da concretagem anterior e preparar o novo local.

Para a montagem da fôrma, o interveniente destacou que uma dificuldade enfrentada é que há a necessidade de uma mão de obra especializada e que em obras anteriores, isso foi um problema. Como o número de profissionais habilitados para a montagem do sistema são poucos, a empresa já ficou à mercê desses profissionais no passados.

Para contornar tal problema, a empresa optou por contratar metade da equipe diretamente da empresa a qual alugam-se as fôrmas, e o restante seriam profissionais já atuam na empresa há certo tempo. Assim, a empresa passaria a ter seus próprios profissionais capacitados, pois eles aprenderiam a técnica necessária ao trabalhar lado a lado com aqueles que já a dominam.

Ao adotarmos essa técnica, sabíamos que teríamos uma perda inicial de produtividade. Lógico. Apenas metade das pessoas necessárias tinham

conhecimento e habilidade suficiente para fazer aquela atividade. Contudo, hoje os nossos funcionários já aprenderam a técnica e eu não fico mais a mercê de um grupo específico e muito reduzido. Inclusive, se eu quisesse tirar esse grupo que eu contratei da empresa a qual eu alugo as fôrmas metálicas, eu poderia. E isso não afetaria muito a minha produtividade. (Dados da pesquisa, 2020).

Já em relação a concretagem, são necessários 8 funcionários.

No método, tradicional eu demandaria, em média, 11 pessoas. Além disso, precisaria medir o espaçamento das armaduras, vibrar o concreto, dar o acabamento superficial, ter uma pessoa guiando a bomba, outras espalhando o concreto pela laje e outro colaborador verificando se a espessura recomendada em projeto foi atingida. Eu tenho muito trabalho manual e quanto mais trabalho manual, mas suscetível ao erro eu estou. Como a parede de concreto é sistema que tem o princípio da pré-fabricação, eu reduzo a quantidade de trabalho manual e deixo minha obra mais industrializada. (Dados da pesquisa, 2020).

Ademais, destaca-se que um pavimento é finalizado em dois dias, faltando apenas os acabamentos finais, como pinturas e esquadrias. Se comparar com o método tradicional que se deve esperar no mínimo 7 dias para o concreto atinja uma resistência maior, percebe-se o quanto a parede de concreto aumenta a produtividade da obra.

É importante destacar que o sistema construtivo aqui debatido só é viável quando se há muita repetição, conforme pontua o interveniente:

A viabilidade da Parede de Concreto depende do número de unidade que você vai construir. É necessário que o custo das fôrmas seja diluído. Para a empresa, isso compensou. No estudo de viabilidade, percebemos que seria mais vantajoso alugar as fôrmas do que comprar. Após uma longa negociação com o fornecedor, que o preço inicial era X e conseguimos reduzir para 0,5X, esse método se tornou viável.

[...]

Além disso, compensa porque quando você constrói pelo método tradicional como eu falei, você tem alguns processos que vocês não conseguem

acelerar. Então seu cronograma de uma obra de 12 meses é uma obra de 12 meses. É amarrado. São 12 meses de engenheiro, 12 meses de água, 12 meses de luz, 12 meses de tudo. Quando você vem para uma parede de concreto você quebra essa limitação. Você consegue pegar uma obra de 12 meses e fazer em 6, se você quiser. Então se economiza 6 meses de tudo. Põe os números na ponta do lápis e vê se vale a pena para essa obra em si. Nem toda obra vai compensar. Depende do que está sendo feito e, principalmente, do número de unidades que você tá fazendo. Para o empreendimento em questão, compensou. (Dados da pesquisa, 2020).

Quando indagado sobre os problemas enfrentados, o interveniente é categórico ao mencionar que a questão do CAA é muito complicada de se trabalhar.

Mesmo já havido trabalhado com CAA antes, sempre temos problema inicial para ajustar o traço na obra. Já tivemos caminhões que chegaram aqui com o slump abaixo do especificado. Então tivemos que adicionar água e aditivo. Só que ai surge um problema: se colocar logo o aditivo, o concreto perde rapidamente sua fluidez. Então, com a prática, percebemos que temos que primeiro hidratar a fibra, para que ela não puxe tanta água do concreto, caso contrário o concreto perde fluidez. Todas essas questões que estou abordando aqui vivenciamos sempre que iniciamos a trabalhar com o CAA. Outro exemplo dessas mudanças que ocorreram foi que orientaram a gente que quando o slump der 75mm eu poderia liberar o caminhão para ser utilizado. Contudo, percebemos que isso não é viável e que eu preciso de um slump acima de 80mm, pois se não o CAA não consegue preencher todos os vazios e quando eu retiro a fôrma, eu percebo a presente de bexigas. Essas adaptações, querendo ou não, são necessárias em todas as obras, pois cada uma tem características singulares.

Nesse contexto, o ajuste do traço junto ao laboratório de controle tecnológico gerou o procedimento apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Procedimentos desenvolvidos para ajuste do CAA em obra

<b>Caminhão</b>	<b>Slump (cm)</b>	<b>Água</b>	<b>Aditivo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Fibra</b>	<b>Tempo</b>	<b>Flow (cm)</b>
6m <sup>3</sup>	8±2	30L	2 baldes de 18L	Bater 6 min	2 sacos	Bater 5 min	76 a 86

Caminhão	Slump (cm)	Água	Aditivo	Tempo	Fibra	Tempo	Flow (cm)
8m <sup>3</sup>	8±2	50L	2 baldes de 18L	Bater 8 min	2 sacos	Bater 5 min	76 a 86
8m <sup>3</sup>	10±2	-	2 baldes de 18L	Bater 8 min	2 sacos	Bater 5 min	76 a 86

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Ante as informações apresentadas, observa-se que a utilização da metodologia Paredes de Concreto apresenta inúmeras vantagens à organização, principalmente em termos de produtividade.

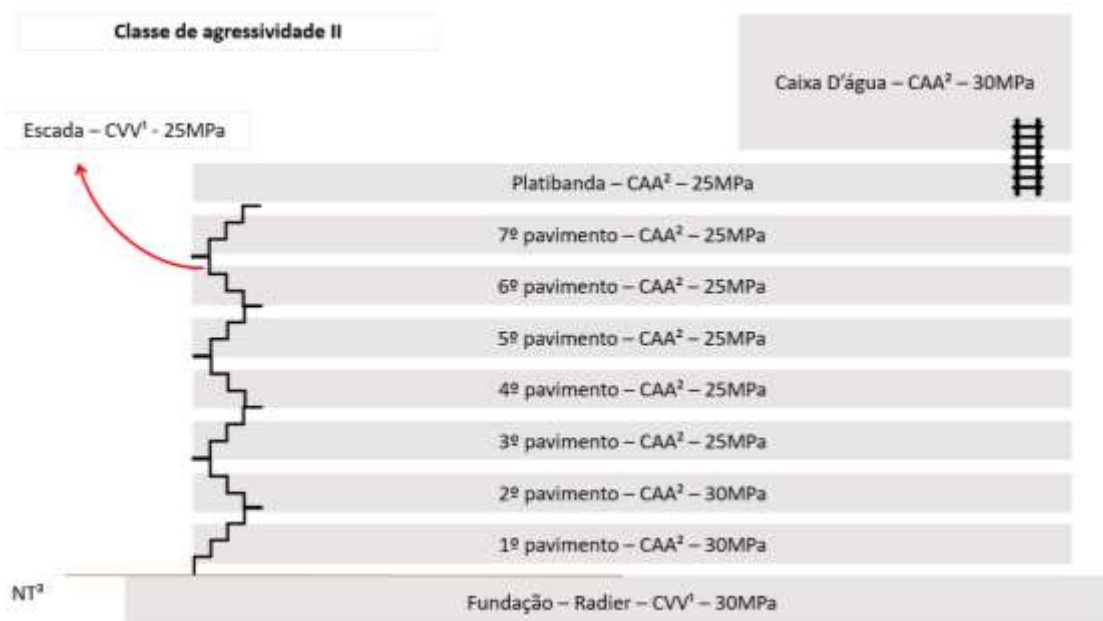
Por fim, fica evidente a necessidade de integração entre a obra e o laboratório de controle tecnológico de concreto, almejando o melhor ajuste do CAA utilizado, dada a natureza singular desse tipo de concreto.

#### 4.2. Caracterização do Concreto Autoadensável (CAA)

O concreto utilizado no residencial base para o presente estudo foi o concreto autoadensável (CAA), conforme debatido no capítulo 2. As características desse material seguiram as prescrições do projeto estrutural.

Assim, apresenta-se na Figura 15 as especificações do projeto de estrutura o tipo de concreto utilizado em cada etapa da obra.

Figura 15 – Características previstas no projeto de estrutura para o residencial estudado

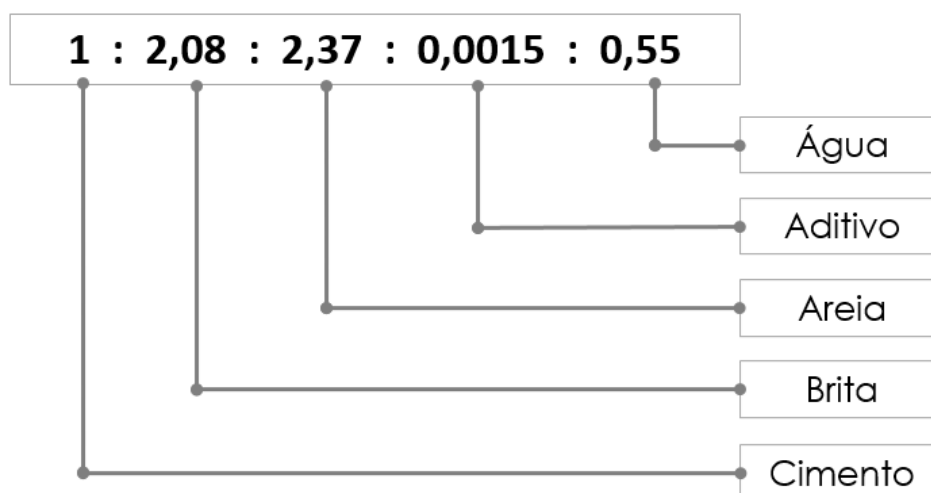


Legenda: CVV<sup>1</sup> - Concreto Convencional; CAA<sup>2</sup> - Concreto Autoadensável; NT<sup>3</sup> - Nível do terreno.

Fonte: A autora (2020).

A Figura 15 apresenta que o empreendimento se encontra na Classe de Agressividade II e, seguindo o prescrito na NBR 12.655 (ABNT, 2015), o concreto utilizado em obra necessitar ter relação  $a/c \leq 0,60$ . Para tal análise, é importante analisar o traço utilizado (Figura 16).

Figura 16 – Traço de unitário do CAA utilizado



Fonte: A autora (2020).

Conforme expõe a Figura 15, a relação  $a/c$  foi atendida. A diretora técnica do laboratório responsável pelo CTC do empreendimento destaca a importância em se atender esse parâmetro no traço de concreto:

Atender a relação  $a/c$  especificada no projeto estrutural e nas normas atinentes durante a dosagem do concreto é de fundamental importância para garantir um concreto com melhor vida útil. Isso ocorre porque a água afeta diretamente as reações químicas da mistura. Para o concreto adquirir a resistência especificada em projeto, o cimento reage com a água formando a pasta cimentícia.

[...]

A interação entre essa pasta e o agregado resulta em uma região denominada zona de transição, a qual dita o  $f_{ck}$  do elemento, visto que é a área mais fraca da mistura. Quanto maior a quantidade de água presente, maior será essa região, pois, em linhas gerais, haverá uma maior quantidade de pasta cimentícia para um mesmo volume de agregado.

[...]

Assim, uma relação  $a/c$  maior do que o especificado pode reduzir sensivelmente a resistência à compressão das peças de concreto. Além disso, por haver uma quantidade maior de pasta cimentícia para um mesmo volume de agregado, isso também resultará em uma maior porosidade dos elementos.

[...]

Em contrapartida, uma relação  $a/c$  muito abaixo da especificada em projeto também afeta a qualidade do concreto. Sabendo que os cristais formados pela reação química entre a água e o concreto são os responsáveis pela resistência à compressão axial desse elemento, ao ter uma quantidade de água menor na mistura significa que menos cristais serão formados, podendo, assim, afetar sensivelmente seu  $f_{ck}$ .

[...]



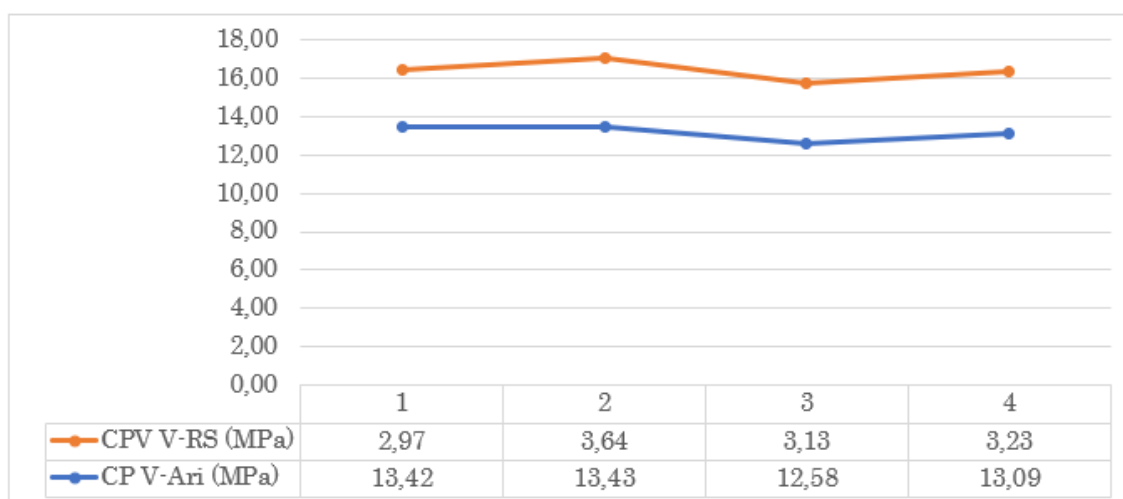
Além disso, como a reação química entre a água e o cimento é exotérmica, uma menor relação a/c pode ocasionar o surgimento de fissuras no concreto, dada a retração que ocorre durante o processo de cura. Desse modo, fica claro a importância em se atender esse parâmetro. (Dados da pesquisa, 2020).

Ademais, em relação ao cimento utilizado na apresentado na Figura 15, inicialmente era utilizado o cimento CP V-Ari, caracterizado por sua elevada resistência inicial.

Todavia, devido a pandemia mundial ocasionada pelo vírus SARS-Cov-2 e das restrições impostas como medida de barrar o avanço da doença, as cimenteiras acabaram tendo que parar e o material acabou faltando.

Para solucionar tal problema, substituiu-se o CP V-Ari pelo CP V-RS (resistente a sulfatos). Essa alteração no traço pode ser sentida nos resultados de resistência à compressão axial do concreto, conforme apresenta a Figura 17.

Figura 17 – Resistência à compressão axial do CAA: CP V-Ari x CP V-RS



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Observa-se que utilização do CP V-ARI atinge uma maior resistência inicial, diferente da utilização do CP V-RS. Segundo a diretora técnica do laboratório entrevistado, isso ocorre porque:

O CP V-ARI apresenta uma maior percentual de clínquer em sua mistura, cerca de 95%, além de ser mais fino do que os demais cimentos, fato que favorece a rápida reação entre o cimento e água, adquirindo elevadas resistências iniciais.

Já o CP V-RS tem em sua composição a adição de pozolonas, que retardam um pouco a reação química entre o cimento e a água, não conseguindo atingir

resistências iniciais tão elevadas quanto o CP V-ARI. A adição de outros materiais nesse tipo de cimento surge devido sua maior resistência a materiais sulfatados, os quais geralmente são encontrados em esgotos, ambientes industriais e água do mar. (Dados da pesquisa, 2020).

Contudo, é importante destacar que apesar da perda inicial de resistência, o concreto atingiu os níveis especificados em projeto, conforme apresenta a Tabela 6.

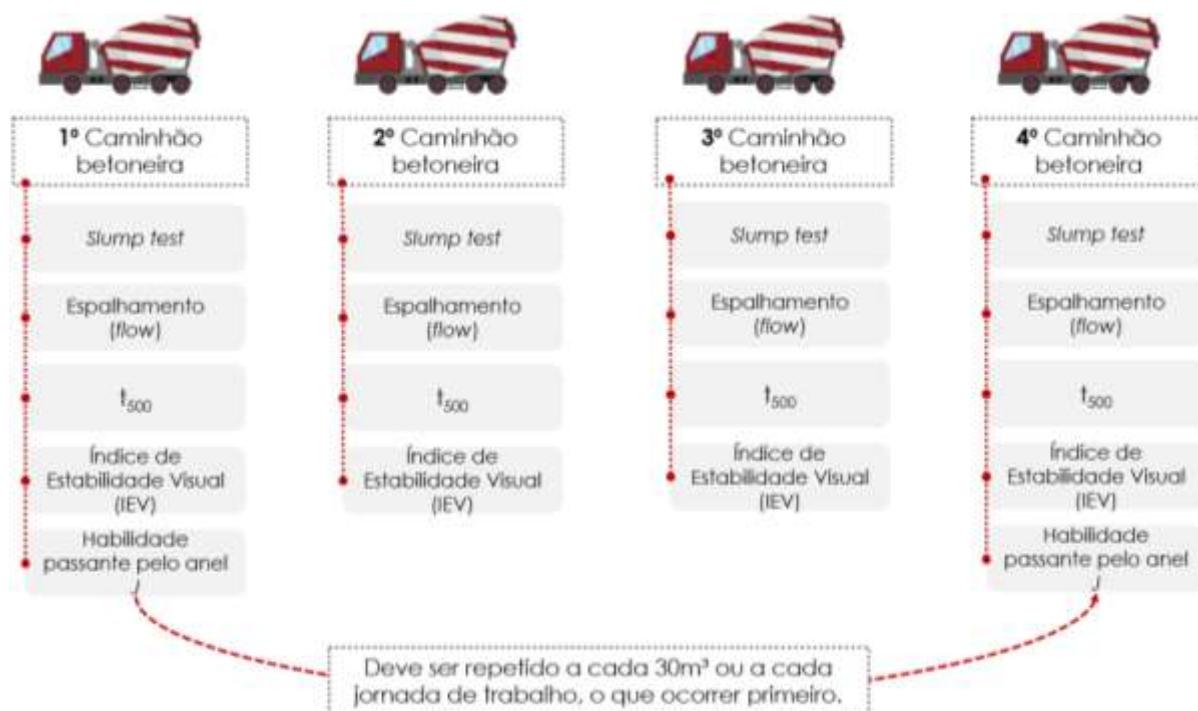
Tabela 6 – Resistência CP V-ARI x CP V-RS

	14h (MPa)		7 dias (MPa)		28 dias (MPa)	
	CP V-ARI	CPV V-RS	CP V-ARI	CPV V-RS	CP V-ARI	CPV V-RS
	13,42	2,97	23,06	22,89	33,58	33,14
	13,43	3,64	29,68	22,93	31,77	33,07
	12,58	3,13	20,73	23,20	33,36	33,37
	13,09	3,23	23,15	23,33	33,38	31,63
<b>Média (MPa)</b>	13,25	3,18	23,10	23,06	33,37	33,10

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Ademais, em relação aos ensaios necessários para atesta a qualidade do concreto recebido, a empresa responsável pelo CTC realiza o que é prescrito na NBR 15823 (ABNT, 2017). Os ensaios realizados foram sintetizados na Figura 18.

Figura 18 – Frequência de realização dos ensaios de acordo com a NBR 15823 (ABNT, 2017)



Fonte: A autora (2020).

Para auxiliar na execução dessas atividades em obra, foi disponibilizado ao colaborador do laboratório entrevistado que atua na obra acompanhando as concretagens as fichas apresentadas na Figura 18.

Figura 19 – Material de apoio para a realização dos ensaios na obras

Tabela 1 – Classe de espalhamento (*slump-flow*)

Classe	Espalhamento (mm)	Método de Ensaio
SF 1	550 a 650	ABNT NBR 15823-2
SF 2	660 a 750	
SF 3	760 a 850	

Fonte: ABNT NBR 15823-1:2017.

Tabela 2 – Classe de viscosidade plástica aparente  $t_{500}$  (sob fluxo livre)

Classe	Espalhamento (mm)	Método de Ensaio
VS 1	$\leq 2$	ABNT NBR 15823-2
VS 2	$> 2$	

Fonte: ABNT NBR 15823-1:2017.

Tabela 3 – Classe de índice de estabilidade visual (sob fluxo livre)

Classe	IEV	Método de Ensaio
IEV 0	Sem evidência de segregação ou exsudação	ABNT NBR 15823-2
IEV 1	Sem evidência de segregação e leve exsudação	
IEV 2	Presença de pequena auréola de argamassa ( $\leq 10\text{mm}$ ) e/ou empilhamento de agregados no centro do concreto	
IEV 3	Segregação claramente evidenciada pela concentração de agregados no centro do concreto ou pela dispersão de argamassa nas extremidades (auréola de argamassa $> 10\text{mm}$ )	

Fonte: ABNT NBR 15823-1:2017.

Tabela 4 – Classe de habilidade passante pelo anel  $J$  (sob fluxo livre)

Classe	Anel $J$ (mm)	Método de Ensaio
PJ 1	0 a 25 com 16 barras de aço	ABNT NBR 15823-3
PJ 2	25 a 50 com 16 barras de aço	

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Ademais, a responsável pelo laboratório comenta que a realização dessa série de ensaios é algo muito complexo de ser executado na prática, dado o ritmo

frenético da concretagem. Contudo, a realização desse procedimento foi uma exigência contratual da própria construtora, demonstrando o comprometimento com a qualidade e durabilidade da edificação construída.

Nesse contexto, a interveniente responsável pelo CTC comenta, ainda, que essa olhar para um concreto que vai além da característica de resistência à compressão é algo extremamente benéfico, pois o desgaste precoce das edificações deve ser pauta de todos os agentes construtivos.

Tal fato chama atenção para uma nova cultura emergindo na Indústria da Construção Civil (ICC), podendo ter sido influenciada pela Norma de Desempenho, haja visto que a durabilidade das estruturas é um de seus requisitos.

Ademais, é importante destacar que a edificação em questão se trata de um empreendimento do programa MCMV e, por tanto, sujeito a fiscalização da CEF. Assim, é importante que todas as normas atinentes sejam atendidas, para que a empresa construtora não sofra nenhum ônus legal.

#### **4.3. Impactos da pandemia do SARS-Cov-2**

Conforme já apontado nos tópicos anteriores, a pandemia mundial ocasionada pelo vírus popularmente conhecido com o COVID-19, afetou a compra de diferentes insumos necessários a obra. Como já aborda no tópico 4.2., a falta de cimento foi uma matéria que faltou na fábrica, devido a paralisação nos meses de março, abril, maio e metade de junho de 2020.

O interveniente aponta que, com relação ao concreto, a relação com a fornecedora ficou um pouco mais complicada.

Atualmente enfrentamos, creio eu, que quase todas as construtoras. O mercado hoje tá muito complicado. Para você ter um percepção da situação, se eu ligar para a Concreteira X hoje e tentar agendar um concreto, eles só terão agenda para daqui a 3 ou 4 meses. Então eu estou muito refém da minha fornecedora hoje. Por exemplo, minha equipe às vezes fica pronta às 15h e o concreto só começa às 21h porque é a hora que a concreteira tem disponível. E eu não posso reclamar, senão eu fico sem concreto. O que eu percebo hoje em relação as concreteira é: existem poucas em Fortaleza e houve um aumento de obras, então eu tenho uma demanda muito grande. (Dados da pesquisa, 2020).

Além disso, o entrevistado revelou outro lado da pandemia, que vai além da falta de insumos: o aumento nos custos construtivos.

O que mudou drasticamente nesse período foram os preços. Tudo está mais caro. Aqui na empresa estamos reavaliando obras que estão em fase de análise de viabilidade. Temos uma obra no município de Caucaia que, nesse momento está inviável. Estávamos com a obra aprovada e com a documentação regularizada. Quando as atividades voltaram, atualizamos o orçamento já existente para os preços novos dos insumos e a obra ficou inviável. (Dados da pesquisa, 2020).

Em relação ao nicho do MCMV, o coordenador de obras destaca ainda que há uma padronização dos preços de vendas das unidades habitacionais.

Cada apartamento é vendido na faixa de preço de R\$ 120.000,00, por exemplo. Se eu colocar um preço de R\$ 130.000,00, não irei conseguir vender. Isso porque no MCMV todos os apartamentos são iguais, então se meu concorrente faz o mesmo produto que eu e ainda é mais barato, eu não vou ter espaço no mercado. É preferível adiar o início da obra e analisar como o mercado vai se comportar do que repassar esse custo ao usuário. (Dados da pesquisa, 2020).

A empresa responsável pelo controle de concreto do empreendimento aqui em análise também menciona que a dificuldade em conseguir insumos e o preço dos materiais tem sido a mesma reclamação de todos os seus clientes. A diretora técnica entrevista pontua que em muitas obras houve a necessidade de reavaliar o traço de concreto utilizado em função da falta de materiais, especialmente o cimento.

Ante o exposto, fica evidente que os efeitos da paralização das atividades econômicas adotado como medida para conter o avanço do SARS-Cov-2 ainda serão sentidos pelo setor da construção civil durante um bom tempo. Como medida para se prevenir do aumento de preços, muitas empresas construtoras adiaram o início de suas obras, sem uma previsão certa de quando retomaram, incluindo a empresa construtora aqui entrevistada.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente seção tem como fim discorrer a importância dos resultados do estudo para a academia e a ICC, mostrando uma visão geral da utilização da metodologia paredes de concreto em uma obra residencial do tipo HIS e de como a pandemia mundial ocasionada pelo vírus SARS-Cov-2 afetou esse nicho de mercado.

Para tal, esta monografia teve como objetivo principal analisar o desempenho do CAA na obra de sistema de parede de concreto, mostrando como o CAA pode influenciar na velocidade de execução, além de ponderar como os fatores externos ao mercado da ICC afetam esse sistema construtivo. Versando-se um estudo de caso como meio de investigação, delinear-se os seguintes objetivos específicos:

- a. Analisar a produtividade do sistema de parede de concreto devido ao Uso do CAA.;
- b. Analisar as dificuldades da implementação do CAA na obra de parede de concreto;
- c. Analisar o impacto da pandemia ocasionada pelo vírus SARS-Cov-2.

Ante o que foi apresentado e debatido no capítulo quatro desta monografia, fica evidente que os instrumentos utilizados para a coleta de dados cumpriram aos seus propósitos. Assim, foi possível compreender as dificuldades enfrentadas pela empresa construtora palco do presente estudo, bem como do laboratório de controle tecnológico de concreto, em relação a utilização de paredes de concreto como método construtivo. As considerações finais seguiram a ordem dos objetivos específicos, de modo a orientar o leitor no entendimento da metodologia paredes de concreto.

De acordo com o coordenador de obras entrevistado, a adoção desse método construtivo substituiu completamente outras técnicas construtivas, sendo motivado principalmente pelos ganhos produtivos.

Nesse contexto, destaca-se que a utilização de paredes de concreto permite uma obra com características mais industrializadas, mostrando uma quebra de paradigmas no setor da construção de edifícios, conforme foi apontado pelo interveniente da empresa estudada.

Além disso, a flexibilização do cronograma da obra e desvinculação de atividades, foram fatores que influenciaram a completa adoção dessa metodologia

construtiva. Essas características tiveram uma forte influência na escolha da construtora porque permite, também, uma maior liberdade ao fluxo de caixa da obra, algo extremamente necessário, principalmente em função do período de crise que vivemos atualmente, com o aumento exacerbado do preço dos insumos.

No tocante as dificuldades enfrentadas, observou que o concreto utilizado para preenchimento das fôrmas foi um dos pontos de maior dificuldade. Mesmo a empresa já possuindo experiência na utilização desse material, houve muitas dificuldades do início da obra, principalmente para o ajuste do traço. Segundo a diretora técnica do laboratório de controle tecnológico entrevistado, isso ocorre porque, diferente do concreto convencional, a dosagem do CAA envolve a utilização de materiais com reação muito distintas e que a interação destes materiais com a pasta cimentícia afeta diretamente as características fundamentais do CAA: fluidez, habilidade passante e resistência à segregação.

Por exemplo, mesmo a norma prevendo que o aditivo pode ser adicionado diretamente na central, na prática isso é algo muito difícil de ocorrer porque o CAA perde fluidez e não consegue preencher todos os vazios da fôrma. Assim, em termos práticos, faz-se necessário dosar na hora da concretagem o caminhão betoneira, determinando a quantidade de aditivo necessário, tendo como ponto de partida a análise do *slump* inicial. Essa situação é análoga para a adição de fibras.

Assim, conhecer essas particularidades configura uma grande dificuldade na utilização de CAA, pois cada obra demanda um estudo e uma curva de aprendizado diferente. Isso reflete em uma perda inicial de produtividade, embora não afete significativamente o cronograma da obra.

Além disso, é importante pontuar a dificuldade de execução, durante uma concretagem, da série de ensaios demandados pela NBR 15.823 (ABNT, 2017). O próprio texto da normativa menciona-se da dificuldade de realizar certos ensaios na prática e foi algo fortemente pontuado pelos entrevistados, embora fosse realizado na obra aqui em análise.

Ademais, em relação aos impactados da paralização das atividades econômicas adotada como medida para conter o avanço da pandemia ocasionada pelo SARS-Cov-2, alguns pontos foram destacados pelos entrevistados.

Em relação ao CAA, o impacto observado foi em relação ao fornecimento de cimento utilizado. Devido a falta desse insumo na concreteira, o CP V-ARI foi substituído pelo CP RS, o que afetou a resistência à compressão das peças de

concreto, pois com o CP V-ARI as resistências iniciais eram maiores e as fôrmas poderiam ser retiradas antes. Destaca-se que a mudança de cimento não afetou a qualidade estrutural dos elementos, já que todos atingiram as especificações de projeto. Além disso, dada a maior flexibilidade no cronograma, a retirada mais tardia das fôrmas não afetou significativamente a obra.

Para a construtora entrevistada, o impacto da pandemia do SARS-Cov-2 foi o adiamento indeterminado de algumas obras em função do aumento de custos dos materiais da construção civil, como o cimento e o aço. Essa postergação do início da obra ocorre porque não se pode passar o aumento de custos para o cliente final, já que a empresa atua no segmento do MCMV e nesse nicho todos os apartamentos são iguais e padronizados pela CEF. Assim, repassar o aumento de custo refletiria diretamente no posicionamento de mercado da empresa, podendo perder espaço para a concorrência.

Assim, conclui-se que a utilização da metodologia paredes de concreto tem como principal vantagem frente aos métodos construtivos tradicionais, como alvenaria estrutural, sua elevada produtividade. Essa característica é vital para as empresas que competem no nicho de mercado do MCMV, no qual a rapidez na execução do empreendimento é fundamental para que a empresa consiga vender as unidades mais rapidamente.

Além disso, ao permitir a flexibilização do cronograma da obra, foi um fator primordial para que a empresa construtora conseguisse adequar o fluxo de caixa da obra em questão ao atual cenário de aumento dos preços dos insumos, influenciado, sobre tudo, pela pandemia do SARS-Cov-2.

Ademais, destaca-se que os resultados aqui apresentados se restringem a realidade de uma empresa construtora. Provavelmente outros aspectos (tanto negativos quanto positivos) desse sistema construtivo seriam revelados caso a coleta de dados fosse realizada com outras empresas que atuam em grandes centros urbanos, como São Paulo, cujos efeitos da crise econômica também são distintos e afetam a realidade de cada organização.

Por fim, recomenda-se que para estudos futuros sejam desenvolvidos um comparativo da utilização da metodologia de paredes de concreto em relação a metodologias tradicionais, levando em consideração três aspectos: *(i)* antes do início da obra, pontua as diferenças, principalmente o desembolso necessário, avaliando indicadores de investimento, como a Taxa Interna de Retorno (TIR); *(ii)* durante a



execução da obra, podendo analisar alguns indicadores de desempenho, como a Razão Unitária de Produção (RUP) da mão de obra; e *(iii)* o pós obra, avaliando as manifestações patológicas existentes e o conforto do usuário. Assim, seria possível compreender o sistema de paredes de concreto em uma visão mais holística, contemplando todas as etapas do empreendimento, além fornecer uma base teórica para aqueles que pretendem optar por essa metodologia construtiva.

## REFERÊNCIAS

- ALTHERMAN, D.; ROCHA, HEVERTON. **Informativo concrepav**: módulo de elasticidade do concreto. 2014. Disponível em: <[http://www.concrepav.com.br/wpcontent/uploads/2014/04/Informativo\\_Concrepav\\_Modulo\\_Elasticidade\\_Concreto\\_site.pdf](http://www.concrepav.com.br/wpcontent/uploads/2014/04/Informativo_Concrepav_Modulo_Elasticidade_Concreto_site.pdf)> Acessado em: 02 de out. 2020.
- ARAÚJO, J. L. **Considerações sobre Concreto Autoadensável e uma aplicação com materiais locais**. 2003. Dissertação (Mestrado em Eng. Civil) – Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2003.
- ASLANI, F.; NEJADI, S. Mechanical properties of conventional and self-compacting: na analytic study. **Construction and Building Materials**. v. 36, p. 330-347, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto**. São Paulo, ABCP, 2013. Disponível em: < <https://abcp.org.br/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto//>>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO. Pré-fabricado em múltiplos pavimentos é realidade no Brasil. **Industrializar em Concreto**, ABIC, ed. 18, p. 14-16, dez/2019. Disponível em: < <http://www.abctic.org.br/Arquivos/Edicoes/jz2miuzc.pdf> > Acessado em: 18 de maio de 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edificações Habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de Cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação- Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823 – Concreto Autoadensável**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697: Cimento Portland Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregado para concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- ATEX. **Infográfico – o uso do concreto no mundo**. São Paulo: Atex, 2020. Disponível em: < <https://www.atex.com.br/blog/laje/infografico-o-uso-do-concreto-no-mundo/> > Acessado em: 12 de maio de 2020.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 70 Ed. Lisboa/Portugal: LDA, 2010.

BRAGUIM, T. C. **Utilização de modelos de cálculo para projeto de edifícios de paredes de concreto armado moldadas no local**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/D.3.2013.tde-18082014-144751. Acesso em: 2020-11-03.

BRITO, A. C.; SALES, E. M.; AQUILINO, M. M.; AKUTSU, M. Proposta de Procedimento para Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações (NBR 15575 e SiNAT) – método simplificado. *In: Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: conforto ambiental, durabilidade e pós-ocupação*. Porto Alegre: ANTAC, 2017a. 47-64p.

CABRAL, A. E. B.; MOURÃO, C.A.M.A; COSTA, A. C. S. S.; TORRES, J. R; MONTENEGRO FILHO, M. S. **Concreto autoadensável: um estudo comparativo com o concreto plástico em edificações verticais**. Fortaleza: edição do autor, 2019. 80P.

CAZACU, N.; BRADU, A.; FLOREA, A. SelfCompacting Concrete Structures: a technoeconomic analysis. **Advanced Engineering Forum**, v. 21, p. 624-631, 2017.

COSTA, A. C. S de S. **Análise comparativa do uso do concreto autoadensável e do concreto convencional em obras verticais**. 2017a. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

COSTA, A. C. S. S.; CABRAL, A. E. B. Estudo comparativo entre o concreto autoadensável e o concreto convencional vibrado em obra vertical. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 289-301, out./dez. 2019. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. **Pesquisa de métodos mistos**. 2 ed. Porto Alegre: Penso, 2013).

EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS (ENFARC). **Specification and guidelines for self-compacting concrete**. ENFARC, fev., 2002.

FARIA, R. **Solução Fluida**. Revista Técnica, v. 132, 2008.

ISAIA, Geraldo Cechella. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2016. 1968 p.

LIMA, J. R. P.; COSTA, C. P. Três sistemas construtivos em empreendimento residencial econômico. **Concreto e Construções, IBRACON**, ed. 90, p. 21-25, abr – jun, 2018.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2014. 751 p.

MOREIRA, F. S. **ABNT NBR 15.575/2013: um estudo sobre os impactos da norma de desempenho na cadeia produtiva da construção civil.** 2020. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Centro Universitário Christus. Fortaleza, Ceará, 2020.

MORQUECHO, F. B. G. **Análise de edifícios em paredes de concreto moldadas in loco.** 216. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Natal, Rio Grande do Norte, 2016.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 888 p.

NUNES, S. et al. SCC and Conventional Concrete on Site: property assessment. *Ibracon Structures and Materials Journal*, v. 2, n. 1, p. 25-36, mar. 2009.

PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Revista Concreto e Construções.** ed. 53, p. 14-20, jan – mar, 2009.

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano.** 2010. Tese de doutorado (Doutorado em engenharia) - Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

POSSAN, E; DEMOLINER, C. A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: Abordagem geral.** Curitiba: Revista Técnico-científica do Crea-PR, 2013.

Procedimento para Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações (NBR 15575 e SiNAT) – método simplificado. *In: Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: conforto ambiental, durabilidade e pós-ocupação.* Porto Alegre: ANTAC, 2017. 47-64p.

SERRA, J. H. F. **Avaliação da Utilização do Concreto Autoadensável em Substituição ao Concreto Convencional Em uma Obra de Edificação Vertical.** Fortaleza, 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. **Programa brasileiro da qualidade e produtividade do habitat.** São Paulo, SiNAT, 201-. Disponível em: <[http://pbqp-h.mdr.gov.br/projetos\\_sinat.php](http://pbqp-h.mdr.gov.br/projetos_sinat.php)>. Acessado em: 01 de out. 2020.

SOBRAL, H. S. **Propriedades do concreto fresco.** 6.e.d. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland, 2000. 32p. (ET-15).

TORRES, I. F.; ANDRADE, T.. Análise de risco da formação de etringita tardia em blocos de fundação na região metropolitana de Recife - PE - Brasil. **Rev. IBRACON Estrut. Mater.**, São Paulo , v. 9, n. 3, p. 357-394, June 2016. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-41952016000300357&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952016000300357&lng=en&nrm=iso)>. access on 03 Nov. 2020.

TUTIKIAN, B. F. **Proposição de um método de dosagem experimental para concretos autoadensáveis**. Dissertação de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração** - 15ª Ed. 2014. Atlas

VOTORATIM. **Concreto auto-adensável revela maior produtividade em comparação ao cc**. 201-. Disponível em <<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/concreto-autoadensavel-revela-maior-produtividade/>> Acessado em: 01 de out. 2020.

WENDLER, A.; MONGE, R. **11 mandamentos para evitar patologias em Paredes de Concreto**. 2018. Disponível em: <<https://blogdaliga.com.br/11-mandamentos-para-evitar-patologias-em-paredes-de-concreto/>> Acesso em: 10 out. 2020.

YIN, K. Roberto. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

## APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA: CONSTRUTORA/INCORPORADORA

### Objetivos da pesquisa

---

Esta entrevista tem por objetivo coletar informações para o desenvolvimento de uma pesquisa cuja finalidade é **compreender as principais dificuldades relacionadas a utilização da metodologia paredes de concreto.**

**Observação 1:** fica garantido o sigilo das informações relativas à empresa e ao entrevistado.

**Observação 2:** a pesquisa não pretende levantar dados e resultados do desempenho da empresa.

**Observação 3:** nos dispomos a fornecer um exemplar do resultado final da presente pesquisa, para cada empresa participante do estudo, caso haja manifesto interesse por parte desta.

**Observação 4:** solicitar a gravação da entrevistada, explicando a necessidade para facilitar a análise dos resultados/respostas da mesma.

### Parte I: Caracterização da Empresa

---

A primeira parte da entrevista tem por objetivo colher informações sobre as principais características da empresa. Estas informações são fundamentais para conhecer melhor a organização. Visa ainda proporcionar um ambiente favorável ao diálogo, iniciando um processo de interação entre entrevistador e entrevistado que antecede os questionamentos mais relevantes.

### Questionamentos

---

1. Há quanto tempo a empresa atua? (conte um pouco sobre a história da empresa)
2. Quantas obras a empresa possui atualmente? Essas obras são do mesmo tipo, têm mesmo porte (metragem, altura) e as mesmas características?
3. Quantas destas obras precisam atender à norma de desempenho ABNR NBR 15.575 (2013)?
4. Houve algum projeto de melhoria já desenvolvido na empresa?

Alfabetização

ISO

Segurança no trabalho

Programa 5S

Norma de desempenho

PBQPH

Padronização de processos

BIM

Práticas *lean* no canteiro de obras

Outros: \_\_\_\_\_

5. Que tipo de certificações e há quanto tempo à empresa às possui?

( ) ISO, qual? \_\_\_\_\_

( ) PBQP-H: Nível \_\_\_\_\_

( ) Sustentabilidade, qual? \_\_\_\_\_

( ) Outra: \_\_\_\_\_

---

## **Parte II: Generalidades relacionadas ao sistema construtivo paredes de concreto**

---

A segunda parte da entrevista tem por objetivo colher informações sobre o conhecimento da empresa sobre a metodologia construtiva paredes de concreto, bem como suas principais dificuldades para sua execução.

### **Questionamentos**

---

6. Há quanto tempo essa empresa utiliza o método de parede de concreto?
7. Essa construtora utilizava outro método construtivo, antes de adotar o de parede de concreto? Em caso afirmativo, por que ocorreu a migração para esse método?
8. Quais as vantagens e desvantagens do sistema de parede de concreto, sob o ponto de vista dessa empresa?
9. Qual o tipo de fôrma utilizada pela empresa e, quantas vezes ocorreu a reutilização dela?
10. A fôrma empregada por essa empresa é própria, ou terceirizada? O que foi relevante na decisão de comprar ou alugar as fôrmas? Hoje, com a experiência adquirida, manteria essa decisão?
11. Qual o tipo de concreto é utilizado por essa empresa? Qual o slump adotado?
12. Existe algum requisito específico para o concreto, em projeto? Em caso afirmativo, citá-lo.
13. Quais ensaios são realizados para o controle tecnológico do sistema produtivo?
14. A empresa exige algum treinamento específico, para a execução das tarefas? Em caso afirmativo, descreva-o.
15. Quantos funcionários são necessários para a construção de uma unidade? A unidade é estabelecida por apartamento ou por andar?
16. Qual o ciclo construtivo que essa empresa considera, para a execução de uma unidade?
17. Como a empresa avalia a produtividade do sistema de parede de concreto?
18. Na fase de manutenção, no pós-obra, quais as manifestações patológicas desse sistema produtivo?

## **APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA: LABORATÓRIO DE CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO**

### **Objetivos da pesquisa**

---

Esta entrevista tem por objetivo coletar informações para o desenvolvimento de uma pesquisa cuja finalidade é **compreender as principais dificuldades relacionadas a utilização da metodologia paredes de concreto.**

**Observação 1:** fica garantido o sigilo das informações relativas à empresa e ao entrevistado.

**Observação 2:** a pesquisa não pretende levantar dados e resultados do desempenho da empresa.

**Observação 3:** nos dispomos a fornecer um exemplar do resultado final da presente pesquisa, para cada empresa participante do estudo, caso haja manifesto interesse por parte desta.

**Observação 4:** solicitar a gravação da entrevistada, explicando a necessidade para facilitar a análise dos resultados/respostas da mesma.

### **Parte I: Caracterização da Empresa**

---

A primeira parte da entrevista tem por objetivo colher informações sobre as principais características da empresa. Estas informações são fundamentais para conhecer melhor a organização. Visa ainda proporcionar um ambiente favorável ao diálogo, iniciando um processo de interação entre entrevistador e entrevistado que antecede os questionamentos mais relevantes.

#### **Questionamentos**

---

- 1. Há quanto tempo a empresa atua? (conte um pouco sobre a história da empresa)**
- 2. Quantos clientes a empresa possui atualmente? Quais são os serviços fornecidos?**
- 3. Houve alguma demanda extra de serviço dado a crescente popularização da metodologia construtiva paredes de concreto?**

### **Parte II: Generalidades relacionadas ao sistema construtivo paredes de concreto**

---

A segunda parte da entrevista tem por objetivo colher informações sobre o conhecimento da empresa sobre a metodologia construtiva paredes de concreto, em especial do concreto utilizado (CAA).

#### **Questionamentos**

---

- 4. Em relação ao Controle Tecnológico de Concreto (CTC), há alguma particularidade em obras que utilização a metodologia construtiva paredes de concreto?**
- 5. Quais as principais dificuldades enfrentadas?**
- 6. Quais os principais aprendizados?**
- 7. Em termos de durabilidade, há alguma diferença em utilizar CAA e o concreto convencional?**
- 8. Há alguma diferença em relação a relação ao cliente que utiliza CAA e daquele que não utiliza?**
- 9. Como você descreveria a relação construtora – laboratório – concreteira quando se utiliza CAA e quando se utiliza concreto convencional?**
- 10. Como você enxerga o mercado ante a utilização da metodologia paredes de concreto?**