



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE ALVENARIA  
ESTRUTURAL E PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS “IN LOCO” – ESTUDO  
DE CASO**

**YVES LORRAN NÓBREGA MEDEIROS**

**POMBAL – PB**

**2023**

YVES LORRAN NÓBREGA MEDEIROS

ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE  
ALVENARIA ESTRUTURAL E PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS  
“IN LOCO” – ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador(a): Prof. Me. Luíz Ricardo da Silva Linhares

POMBAL – PB

2023

M488a Medeiros, Yves Lorrán Nóbrega.

Análise comparativa de viabilidade econômica entre alvenaria estrutural e paredes de concreto moldadas “in loco” - estudo de caso / Yves Lorrán Nóbrega Medeiros. – Pombal, 2023.

32 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Prof. Me. Luiz Ricardo da Silva Linhares”.

Referências.

1. Concreto armado. 2. Paredes de concreto. 3. Método construtivo. 4. Moldado in-loco. I. Linhares, Luiz Ricardo da Silva. II. Título.

CDU 624.012.45 (043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

YVES LORRAN NÓBREGA MEDEIROS

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE ALVENARIA  
ESTRUTURAL E PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS “IN LOCO” – ESTUDO  
DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente YVES LORRAN NÓBREGA MEDEIROS **APROVADO** em 04 de dezembro de 2023 ano pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.



Documento assinado digitalmente

LUIZ RICARDO DA SILVA LINHARES

Data: 13/12/2023 08:55:36-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Luíz Ricardo da Silva Linhares  
CCTA-UFCG

Prof. Dr. Leovegildo Douglas Pereira de  
Sousa  
CCTA-UFCG

Engenheiro Marco Aurélio Bezerra Diniz  
Infra S.A

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de chegar até aqui e ser meu sustento nessa longa caminhada de 5 anos, de erros e acertos que me tornaram mais forte.

Aos meus pais Ivailton e Reginalda, aos meus avós Chiquinha e Chiquinho Baêta, a minha irmã Amanda, minha namora Maria, e demais familiares pelo incentivo e pela incansável luta para que tudo se tornasse possível e que me deram forças para que eu nunca desistisse ao longo do percurso.

A todo o corpo docente da universidade por terem repassado o conhecimento da melhor forma possível, agregando valor profissional e pessoal a minha carreira.

A todos os meus colegas de curso e amigos da universidade por termos juntos conseguido cumprir a tarefa de concluir o curso, em especial a Paulo Henrique, Fábio Enrique, Diógenes, José Arthur, José Higor, Felipe Rodrigues, Josivan, Leonan, Lis Marinho, Nicolay Martins e Mayara.

A Sra. Edna da Silva Rodrigues engenheira civil e responsável técnica da construtora, pessoa a qual venho aprendendo bastante.

E a las Construtora, por ter aberto as portas e me dado a chance de conhecer o sistema construtivo, além da oportunidade de assumir a obra em questão.

## **ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE ALVENARIA ESTRUTURAL E PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS “IN LOCO” – ESTUDO DE CASO**

Comparative Analysis Between Structural Masonry Systems and Cast-in-Place Concrete Walls – Case Study

Yves Lorrain Nóbrega Medeiros, e-mail: yveslorran13@hotmail.com

Luíz Ricardo da Silva Linhares, e-mail: luizrlinhares@gmail.com

---

### **RESUMO**

A incessante procura por inovações tecnológicas nos processos industriais, atrelado a busca pela redução de custos e aumento da produtividade é sempre um desafio no âmbito da construção civil. Deste modo o método construtivo Paredes de Concreto Moldadas “*In-loco*”, vem se mostrando uma alternativa em crescimento no Brasil em comparação a métodos tradicionais como a Alvenaria Estrutural. Devido a demanda da utilização do método, foi notória a necessidade da regulamentação do método construtivo no Brasil, portanto a ABNT NBR 16055:2012 possibilita que seja realizados projetos estruturais e fornece suporte técnico na execução do sistema estrutural. Revisão bibliográfica e estudo de caso foram os métodos escolhidos para construção deste trabalho. Portanto o objetivo deste artigo científico é comparar os custos, produtividade e o processo executivo, entre a alvenaria estrutural e paredes de concreto moldadas “*in-loco*”, através do estudo de caso realizado no edifício Residencial A na cidade de Paulínia-SP. Portanto, compreendemos que a viabilidade e as técnicas construtivas contribuem para a garantia da produtividade, qualidade no processo executivo e redução de custos dentro do canteiro de obras.

**Palavras-chave:** Paredes de concreto; Concreto armado; Método construtivo; Moldado in-loco.

### **ABSTRACT**

The incessant search for technological innovations in industrial processes, coupled with the pursuit of cost reduction and increased productivity, is always a challenge in the field of civil construction. Thus, the construction method of Cast-in-Place Concrete Walls, commonly known as “*In-loco*,” has been proving to be a growing alternative in Brazil compared to traditional methods such as Structural Masonry. Due to the demand for the use of this method, there was a noticeable need for its regulation in Brazil. Therefore, ABNT NBR 16055:2012 enables the development of structural projects and provides technical support in the execution of the structural system.

Literature review and case study were the chosen methods for constructing this work. Therefore, the objective of this scientific article is to compare costs, productivity, and the execution process between structural masonry and Cast-in-Place Concrete Walls through a case study conducted in the Residential A building in the city of Paulínia, São Paulo. Thus, we understand that viability and construction techniques contribute to ensuring productivity, quality in the execution process, and cost reduction within the construction site.

**Keywords:** Concrete walls; Reinforced concrete; Construction method; Cast in place.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Lopes (2016), grandes construtoras vem buscando alternativas para implantação de novos sistemas estruturais em suas empresas, com isso, a incessante procura por inovação na área da construção civil, ocorre uma série de evoluções nos sistemas estruturais que venham a atender os critérios de desempenho, produtividade, velocidade e principalmente redução de custos.

Dois desses sistemas que ganharam ênfase no decorrer dos anos, o mais popular e tradicional é a alvenaria estrutural, concorrendo paralelamente as Parede de Concreto Moldadas “*In-loco*”, esses métodos apresentam características distintas, porém, oferecem soluções que atendem necessidades específicas de cada empreendimento presentes no âmbito da construção civil no Brasil. Sobre a diferenças de custos entre os sistemas, podemos observar que, segundo Alvarenga (2021), a análise e comparação de dados trazem resultados financeiros, onde as paredes de concreto moldadas “in-loco” conseguem reduzir o custo em aproximadamente 18,4% em uma edificação de 16 apartamentos.

Segundo Martins (2019), o sistema construtivo de parede de concreto se destaca pela velocidade de construção e pela sua alta produtividade, onde este método envolve a criação de paredes maciças de concreto armado, formando uma só estrutura. As paredes de concreto atuam ao mesmo tempo como vedação ou elemento estrutural. Fatores como maior controle de qualidade, redução de tempo e resíduos são fatores que vem atraindo interesse das construtoras e profissionais da construção no Brasil.

Em contrapartida, a alvenaria estrutural se fundamenta no uso de blocos específicos ou seja blocos de concreto estrutural que compõem a estrutura de uma edificação. Esse tipo de construção não tem como principais elementos vigas e pilares na composição da estrutura. Se destaca na otimização do uso dos materiais, o que contribui de forma direta com a economia, além de conter características que permitem maior flexibilidade arquitetônica, por esses fatos é um método construtivo já tradicional e consolidado entre as construtoras do Brasil.

Segundo Macêdo (2017) para se ter uma análise mais criteriosa e comparativo entre os dois sistemas, é fundamental considerar fatores como, custo, produtividade, velocidade de execução e viabilidade econômica, onde cada um em específico, apresenta suas vantagens e desvantagens, o que influencia na escolha do sistema mais eficaz para cada empreendimento.

O presente artigo, tem como principal objetivo realizar uma análise comparativa de viabilidade econômica de custos e produtividade entre os métodos construtivos abordados, com ênfase o estudo de caso da implantação das Paredes de Concreto moldadas “*In-Loco*”, de forma aprofundada principalmente explanando o processo executivo. Esse trabalho contribui para a formação de conhecimento, que poderá auxiliar profissionais da construção civil na tomada de decisões envolvendo os dois sistemas

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme os objetivos traçados nessa pesquisa, com intuito de apresentar e analisar as etapas construtivas do novo método construtivo e tomar conhecimento da prática das Paredes de Concreto moldadas “*In-loco*”, esse trabalho teve seus processos metodológicos divididos em duas etapas

Portanto, dentro deste contexto, a primeira etapa foi realizar uma revisão bibliográfica para análise comparativa entre os sistemas estruturais, Alvenaria Estrutural em Blocos de Concreto com Paredes de Concreto moldadas “*In-loco*”, com base em artigos científicos, trabalho de conclusão de curso, dissertações de mestrados, e principalmente análise da

NBR 16055:2012 (Parede de Concreto Moldada no local para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos).

A segunda etapa fazendo-se um estudo de caso de uma construtora localizada em Paulínia-SP, onde visa realizar uma análise comparativa de custos e produtividade na superestrutura com base de dados internos da empresa e empreendimentos estudados, onde foi acompanhado durante 1 mês os procedimentos executivos de construção das paredes de concreto, que é o atual método construtivo adotado pela Construtora.

A descrição e acompanhando dos procedimentos construtivos das paredes de concreto foi fundamental para a realização desta pesquisa e para assegurar a comprovação científica dos dados coletados. Por se tratar de um sistema construtivo no mercado nacional, e que está passando por processo de inserção e popularização entre as construtoras, foi importante o acompanhamento executivo para que se possa garantir confiabilidade dos dados de termos de custos.

As arquiteturas idênticas foram um passo importante para avaliação, onde possibilitou-se obter resultados satisfatórios. Os dados disponibilizados pela empresa foram agrupados de forma para que não obtivesse um considerável desvio padrão. Vale ressaltar que para a realização da análise, em ambas obras foram consideradas as mesmas condições de logísticas.

Figura 01 – Arquitetura Residenciais A e B.



Fonte: Construtora, 2019 e 2023.

O Residencial B, com conclusão das obras no ano de 2020, e o método construtivo foi Alvenaria Estrutural em Blocos de Cimento, é um empreendimento na cidade de Valinhos-SP, onde foram construídas 421 unidades habitacionais de 47,95m<sup>2</sup> e 45,98m<sup>2</sup> cada, sendo divididas em 3 blocos com 17 pavimentos e 8 apartamentos por andar cada, contando com uma infraestrutura interna de salão de festas, salão de jogos e áreas verdes para espaços recreativos, em uma área mais de 25 mil m<sup>2</sup> contando a área de preservação permanente.

O Residencial A, com conclusão prevista para o setembro de 2026, o método construtivo está sendo Paredes de Concreto Moldadas “In-loco”, é um empreendimento localizado na cidade de Paulínia-SP, onde serão construídas 337 unidades habitacionais de 47,95m<sup>2</sup> e 47,98m<sup>2</sup> cada, sendo divididas em 3 blocos com 17 pavimentos cada, sendo 2 blocos com 8 apartamentos por andar e 1 bloco com apenas 4 apartamentos por andar, contando com uma infraestrutura interna de salão de festas, salão de jogos e áreas verdes para espaços recreativos, em uma área aproximadamente de 23 mil m<sup>2</sup> contando a área de preservação permanente.

A figura 02 abaixo demonstra a renderização e perspectiva de finalização das construções mencionadas, sendo a da esquerda o Residencial A e a da direita o residencial B.

Figura 02 – Residencial A e B.



Fonte: Construtora, 2019 e 2023.

## 2.1. Paredes de Concreto

### 2.1.1. Histórico no Brasil

A primeira tentativa de implantação no Brasil, se deu no início da década de 1980, de acordo com Macêdo (2016), a empresa Gethal foi responsável pelo desenvolvimento e introdução no mercado na época de Paredes e Lajes em Concreto Celular moldadas no local, onde o produto que demonstrou ter menor custo comparado com os tradicionais já utilizados.

Segundo Silva (2021), o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas “in-loco”, mostra-se racional em edifícios de arquitetura que permite repetitividade tornando um processo industrializado.

A redução do custo de construção aliado a velocidade de entrega conseguem baratear os custos de produção e consequentemente de venda, aumentando a competitividade entre as construtoras. Os sistemas que utilizam as paredes de concreto se apresentam como alternativas viáveis para a realidade atual da construção civil no Brasil (Lopes, 2016).

A popularização do método no Brasil vem crescendo de forma exponencial, onde já e grande a parcela de participação em construtoras do sul do país, e aos poucos vai sendo introduzida nas demais regiões da nação.

### 2.1.2. Orientações Normativas Sobre o Sistema Parede de Concreto

A norma que regulamenta os Requisitos e Procedimentos das Paredes de Concreto Moldadas “In-loco” para a Construção de Edificações o Brasil é a NBR 16055:2012, considera requisitos como qualidade da parede, critérios de projetos materiais a utilizar, análise estrutural dimensionamentos e procedimentos executivos para produção das paredes de concreto. (NBR 16055:2012, 2012).

Programa habitacional como o MCMV (Minha Casa, Minha Vida) do governo federal brasileiro tem se tornado um importante parceiro na expansão do método construtivo no Brasil, onde segundo dados da Caixa Econômica Federal mostram que mais de 70% das unidades executadas pelo MCMV são de parede de concreto, segundo estudo da ABCP (2023).

### 2.1.3. Execução

Conforme Neto, Lima e Serak (2017, p. 16) as etapas de execução de paredes de concreto são divididas em processos alinhados e repetitivos, de forma a garantir uma

estrutura monolítica, com instalações elétricas incorporadas, além da facilidade de execução e instalação de outros serviços posteriores à estrutura. Para garantir qualidade e reduzir custos de retrabalho, cada etapa exige um grande controle de conferência.

#### 2.1.4. Sistemas de Formas

Segundo Júnior (2017), a escolha das forma e a quantidade é uma importante decisão no início do processo, pois existem diversas alternativas no mercado. Para realizar a escolha da forma é importante levar em consideração os seguintes pontos:

- Número de utilizações;
- Prazo de entrega;
- Custo de aquisição;
- Durabilidade.

O método de montagem das formas pode ser variável a depender da marca, do tipo e material de forma escolhido, o que pode ser mais vantajoso, porém, pode aumentar o custo para o comprador final. Mas a melhor solução pode não ser a mais cara e vice-versa, o que tem que ser feito é o estudo de viabilidade e encontrar o que irá atender da maneira mais eficiente possível.

Contudo, para Neto, Lima e Serak (2017), as formas são classificadas de acordo com o tipo de material para que o destina na obra, conforme o quadro 01.

Quadro 01 – Tipo de forma, material e indicação de uso.

<b>Tipo de forma</b>	<b>Material</b>	<b>Indicação de uso</b>
<b>Convencional</b>	Madeira	Obras pequenas ou detalhes específicos de obra
<b>Moduladas</b>	Madeira e mista	Edificações altas e repetitivas
<b>Trepantes</b>	Madeira, metálica e mista	Torres, barragens e silos
<b>Deslizantes Verticais</b>	Madeira, metálica e mista	Grandes pilares
<b>Deslizantes Horizontais</b>	Metálica	Barragens, defensas e guias

Fonte: Neto, Lima, Serak, 2017

A escolha da fabricante de forma, é determinante para obter desempenho e qualidade na execução da obra, aliado ao tipo de material escolhido pelo cliente. Hoje no Brasil, segundo Lorenceto (2022) as principais fabricantes de formas que possam atender as necessidades do nosso mercado são:

- a) Metro Modular – Venda e locação de forma plástica para pequenas obras.
- b) Forsa – Venda de formas em alumínio, madeira ou mistas para obras residenciais de médio a grande porte.
- c) Lumiform SH – Venda de formas metálicas para obras residenciais, industriais e de infraestrutura de pequeno a grande porte.
- d) Neo Formas – Soluções simplificadas de formas para obras de baixo custo.
- e) Perfilline – Vende formas metálicas para o seguimento de casas.
- f) SF Formas – Oferece as mais variadas soluções para obras em formas metálicas.
- g) BKS – Formas metálicas para casas e prédios de baixo padrão.
- h) Atex – Vende formas para os mais variados sistemas construtivos.
- i) TecWall – Formas de aço, mais resistentes e com vida útil maior, voltado para pequenas construções.

### 2.1.5. Patologias

As patologias são inconformidades e defeitos superficiais não devem ser tolerados, e falhas operacionais durante a execução devem ser apontadas e corrigidas, de modo que evite retrabalhos nas obras civis.

Segundo Silva (2021), por ser um sistema não convencional e novo no Brasil, o mal gerenciamento aliado a escassez de mão de obra especializada sempre irão gerar custos pós a desforma. Ainda ressalta que temos como principais patologias nas paredes de concreto, o surgimento de fissuras devido a retração do concreto, peças pressas no concreto e bicheiras na estrutura em geral.

De acordo com Sousa e Badaró (2019), treinar, capacitar e ter maior controle durante a execução do sistemas paredes de concreto reduzem a chance de acontecer falhas, e garante boas práticas e qualidade no processo executivo.

## 2.2. Concreto

Para as paredes de concreto e alvenaria estrutural o concreto deve ter uma boa fluidez, partindo do pressuposto que não é possível adensar esse concreto tanto nas formas como no blocos estruturais, facilitando assim o processo de aplicação e evitando possíveis patologias reproduzidas por um concreto com aplicação errada.

A NBR 16055 (ABNT, 2012) estipula que o concreto pode ser comprado por terceiros ou produzido pela própria empresa, desde que exista certificação desse processo industrial e garanta qualidade no produto executado. As principais normas que compõe e preveem os procedimentos de confecção e execução do concreto são as ABNT NBR 12655 que certifica o preparo, controle, e recebimento do concreto, ABNT NBR 7212 que trata da execução do concreto dosado em central e a ABNT NBR 14931 que estabelece requisitos gerais para execução de estruturas de concreto.

Os principais concretos utilizados nas paredes de concreto de acordo com a ABCP são:

- a) Celular – Poroso e arenoso, de alta permeabilidade.
- b) Auto adensável – O mais utilizado dentre os mencionados, devido a sua trabalhabilidade, e dispensa o adensamento do concreto.
- c) Concreto com agregados leves – Para quem busca redução de carga na estrutura.
- d) De elevado teor de ar incorporado – Utilizado em pequenas edificações que devem ter peso reduzido.

A finalização desse processo se dá com a cura do concreto, onde segundo Andrade (2016) é fundamental garantir que o concreto atinja as propriedades do traço determinado em projeto, onde a hidratação é fundamental para que se adquira resistência e durabilidade.

## 2.3. Mão de Obra e Produtividade: Comparação dos sistemas

Conforme Rocha e Gomes (2017), na construção um edifício com a mesma arquitetura, para a execução em alvenaria estrutural é necessário o dobro de funcionários em comparação as paredes de concreto considerando a mesma produção por espaço tempo.

A mão de obra é um fator que pesa na produtividade e desempenho da obra, devido a velocidade de execução e liquidez da mão de obra no final da etapa de execução da estrutura.

Segundo a Coletânea de Ativos (2013), a maioria das empresas acabam não conseguindo formar equipes de montadores de forma, assim sempre mantendo rotatividade dos funcionários, e enfatizada dizendo que: o que reduz a queda de produtividade em início de obra é o efeito do aprendizado.

Segundo Macêdo (2016), por exemplo ainda existem grandes limitações em conseguir mão de obra para montagem das formas e conseguir eficiência na produtividade, onde uma alternativa é compor as equipes de montadores com colaboradores de outros estados.

## **2.4. Vantagens, Desvantagens e Viabilidade: Comparação dos sistemas**

Conforme Martins (2019), se considerarmos uma mesma arquitetura temos um custo de cerca de 25% maior da alvenaria estrutural em comparação as paredes de concreto moldadas “*in-loco*”, o que pode tornar um fator crucial na escolha do método construtivo.

Realizar o estudo de viabilidade econômico de qualquer empreendimento, principalmente de médio e grande porte é importantíssimo para a saúde financeira das construtoras, e para isso tabelas de precificação de custos como a SINAPI da Caixa Econômica Federal, para planejamento de como por exemplo saber qual método construtivo será adotado naquele empreendimento.

Segundo Rocha e Gomes (2017) a principal desvantagem das paredes de concreto é a inflexibilidade em uma possível alteração no layout das paredes sem que tenha sido planejado em projeto, onde qualquer modificação poderá colocar em risco a segurança da edificação.

De acordo com Andrade, Couto (2022, p.9), devido ao alto custo das fôrmas metálicas o Sistema Construtivo em Parede de Concreto moldado “*in loco*” só é viável se houver um alto número de repetições, assim o custo das fôrmas é distribuído entre as unidades habitacionais.

Porém é importante ressaltar que:

“[...]o sistema de alvenaria estrutural em blocos de concreto permite que sejam executadas mais de uma unidade habitacional por vez, necessitando apenas da contratação de mais funcionários, diferentemente do sistema de paredes de concreto, no qual seria preciso realizar a aquisição de outro jogo de formas, fato este que necessitaria de um alto investimento inicial.” (SILVA, 2021, p 55.).

Deste modo, entender as vantagens e desvantagens de cada método construtivo, realizar o estudo de viabilidade, entender o processo construtivo, materiais e mão de obra, ajuda a decidir qual é o melhor sistema estrutural para cada situação e determinado momento econômico.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O estudo de caso desse trabalho, avalia o processo de execução construtivo do Residencial A, que está sendo executado no sistema de Paredes de Concreto Moldadas “*In-loco*”, e compara os dados de produtividade e custo com o do já construído Residencial B, produzido no sistema construtivo de alvenaria estrutural.

### **3.1 Projetos e Planejamento**

O planejamento da construção de uma edificação em paredes de concreto, é longo, neste caso durou cerca de 36 meses, a organização contribui para minimização de erros

durante a execução. A previsão de possíveis fornecedores, de um plano de concretagens, organização de equipe de trabalho, centrais de obras, agenda de entrega de materiais, contribuem para se ter um bom desempenho e competitividade.

A compatibilização de projetos é importante para garantia de uma ótima execução e qualidade no sistema em geral, começando pelo projeto de arquitetura, que é o projeto chave de todos os outros suscetíveis desenhos.

A NBR 16055 (2022), que trata do projeto estrutural e execução de paredes de concreto, a qual os projetistas devem seguir, determina requisitos gerais para garantir uma boa qualidade da estrutura das edificações em paredes de concreto, onde é definido as armaduras, especificações do concreto e o principal a espessuras das paredes.

Posteriormente é desenvolvido o projeto da forma, realizado pelos engenheiros da fabricante escolhida, pois nele é especificada cada tipo de painel de alumínio, acessórios de montagem, e sistema de segurança da forma. Conforme o anexo 3 demonstra os projetos de montagem de forma.

A forma comprada para a execução dos edifícios é a do tipo mono portátil da fabricante colombiana Forsa, com um custo total de entorno de dois milhões e meio de reais, com estimativa de vida útil de mais de 750 concretagens. A construtora espera construir 14 torres de edifícios residenciais com essa forma de alumínio, ou 1600 unidades habitacionais.

Os projetos elétricos e hidro sanitários devem ter uma atenção especial para não infringir nenhuma função estrutural no conjunto.

### **3.2. Execução da Fundação**

As fundações não seguem uma regra, portanto cada edificação tem uma solução adotada diferente, que vai depende da resistência e classificação do solo, tipo de relevo, nível de carregamento, cota de fundação, e acesso das máquinas para poder determinar o tipo de fundação.

Nesta obra o projetista optou por usar tubulões concretados “*in-loco*”, no total de 121 tubulões, com diâmetro de perfuração variando entre 90cm e 120cm, com profundidade de 7m até 8m, além de suas bases alargadas em até 200cm de diâmetro. As armaduras foram variáveis, conforme o tipo de tubulão, com aço CA-50 e CA-60, já o concreto o projetista determinou utilizar concreto com  $f_{ck} = 25$  MPA. As cotas de arrasamento seguiram as alturas das vigas baldrame. A perfuração cilíndrica se deu por meio de perfuratriz mecânica e apenas a abertura das bases foi realizada de modo manual, por operários, como mostra a figura 02.

Em seguida foi realizado as vigas baldrame interligando todos os tubulões, para poder garantir a distribuição de cargas das paredes de concreto na fundação. Nesse caso em específico foram abertas valas no solo, servindo de forma, colocado 5cm de concreto magro para forrar a parte de baixo, adotamos essa solução pois o terreno já estava na cota da laje piso. As armações das vigas baldrame foram realizadas com aço CA-50 e CA-60, e antes de baixar toda a armadura, foi conferida e realizada a limpeza das cabeças dos tubulões. O concreto adotado foi  $f_{ck}(28) = 25$  Mpa. A figura 03 mostra as vigas baldrame em fase de concretagem. Durante a concretagem do baldrame é colocado e conferido todos os arranques que é um elemento de ligação entre as paredes de concreto e a fundação.

Figura 03 – Escavação da fundação e vigas baldrame.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O último passo é a concretagem da laje do piso térreo importantíssima no processo executivo, pois a partir dela é dado o ponto pé inicial nas demarcações e eixos do edifício. A laje zero, deve ser bem nivelada para garantir eficiência e qualidade na montagem e concretagem das paredes.

### 3.3. Marcação

A marcação é o fator de maior importância dentro do sistema, pois é quem garante que estão sendo seguidos os eixos das paredes e determina todos os outros passos que serão mencionados posteriormente. Para realização da marcação, a laje deverá estar devidamente limpa e em nível, onde a marcação é realizada com um kit de giz de linha com pó xadrez na cor vermelha próprio para esse tipo de uso.

A marcação orienta as faces onde serão fixados os painéis ou formas de alumínio, demarcando assim seu posicionamento em cima da laje. Além das faces externas é demarcado o eixo das paredes para fixação de espaçador plástico, que são fixados com pinos de aço em pistola de alta pressão a gás, que funcionam como gabarito da forma, posicionando-a e centralizando de modo que não fuja do lugar durante a montagem, como mostra a figura 04.

Figura 04 – Espaçadores plásticos e marcação da laje.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Vale ressaltar, que na laje piso, a demarcação inicial é realizada pelo topógrafo, com conferência dos eixos e níveis para que não ocorram problemas nas próximas lajes. As próximas são demarcadas pelo mestre de obras e sua equipe. Porém é imprescindível a visita da topografia a cada 4 lajes para verificação se tudo está conforme o projeto.

### 3.4. Armação

A armação das ferragens é mais uma etapa do processo industrial, mas para começar a montagem das armaduras, deve-se realizar algumas checagens como conferência das marcações e nivelamento da laje piso. O principal aço utilizado nas armações das paredes de concreto são as telas soldadas, armadas nas paredes, lajes positivas e negativas e funcionam como elementos de ligação. Além das telas soldadas, compõe a armação os reforços de aço longitudinais e transversais em locais específicos com intuito de suportar a carga da estrutura e em alguns pontos específicos evitar trincas e fissuras. No processo executivo deve-se seguir todas as especificações do projetista, e a conferência antes do fechamento das formas é fundamental para garantir a segurança da estrutura, além disso o uso. A figura 05 mostra o processo de montagem das armaduras.

Figura 05 – Armação das paredes.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O processo de armação foi industrializado nesta obra, otimizando tempo e mão de obra, onde foi-se planejado pelo projetista estrutural, um esquema de corte e dobra de telas e aço, para evitar desperdícios e aumentar a produtividade, pois tratamos de processo executivo bastante rápido.

A montagem das armaduras, segue a sequência abaixo de execução:

- a) Corte e dobra das telas e barras de aço;
- b) Instalação das telas de aço de canto de parede;
- c) Instalação das telas de aço de meio de parede;
- d) Instalação das barras de aço longitudinais de reforço de parede;
- e) Instalação das barras de aço transversais de reforço de parede;
- f) Instalação das telas de aço de transpasse e ligação parede-laje;
- g) Instalação das telas de aço da armadura positiva da laje;
- h) Instalação das telas de aço da armadura negativa da laje;
- i) Instalação das barra de aço de reforços da laje.
- j) Instalação dos arranques ou espera para as paredes do pavimento superior.

Durante o processo de montagem das armaduras sempre é colocado espaçadores plásticos para que se garanta o recobrimento mínimo, posicionamento correto das ferragens, e o distanciamento delas. Os espaçadores usados nesse sistema estrutural são específicos e desenvolvidos para as paredes de concreto, pois devem resistir à pressão que o concreto auto adensável exerce durante as concretagens, e ao esmagamento que esporadicamente acontece durante a montagem da forma de alumínio. São usados nas paredes e lajes, conforme a figura 06 abaixo.

Figura 06 – Espaçadores nas lajes e paredes.



Fonte: Autoria própria, 2023.

### 3.5. Instalações Elétricas

As instalações elétricas devem ser posicionadas imediatamente após a montagem das telas de aço das paredes, pois as mesmas serão fixadas nas armaduras de aço que servem como suporte e ancoragem das mesmas, garantindo que fiquem bem localizadas. Vale salientar que a única instalação que tem passagem dentro das paredes de concreto nessa obra é a elétrica. As demais serão passadas pelos “*shaft's*” previsto em projeto.

As caixinhas, eletrodutos, quadros de distribuição e demais acessórios utilizados para as Parede de Concreto “*moldados in-loco*” são todos do tipo reforçado, onde a maioria foi desenvolvida exclusivamente para utilização nesse método construtivo, pois segundo (Lopes, 2016), esses elementos devem resistir à pressão exercida pelo concreto durante a concretagem.

O primeiro passo é a localização e fixação das caixinhas e quadros de distribuição nas paredes, que neste caso utilizamos abraçadeiras de nylon reforçada, em substituição ao arame recozido. Posteriormente são fixados as subidas ou esperas dos eletrodutos interligados com a laje, como mostra a figura 07.

Finalizado as paredes, o próximo passo são as lajes, onde é utilizado o mesmo tipo de material das paredes, onde as caixinhas de iluminação do teto são fixadas nas formas de alumínio com parafuso do tipo auto brocante de forma que fiquem bem fixas e não mudem a posição original de projeto. Já os eletrodutos fixamos com arame recozido nas telas de aço do positivo da laje.

Figura 07 – Caixinhas e eletrodutos reforçados fixados na parede e laje.



Fonte: Autoria própria, 2023.

### 3.6. Montagem das Formas

A execução da montagem das paredes é considerada a etapa principal do serviço, por se tratar de um processo executivo rápido, os ciclos de concretagem são repetitivos e devem ser realizados diariamente para garantir produtividade, industrializando a montagem, dividindo os ambientes, e deixando um operário responsável pela montagem de cada cômodo.

Vale ressaltar que boas práticas durante o processo de montagem, resulta na qualidade geral do sistema, reduzindo retrabalhos e custos com mão de obra e acabamento.

Portanto alguns passos devem ser seguidos para garantir a eficiência no processo de montagem, onde podemos listar os passos abaixo:

- a) Primeiro passo: Identificação e enumeração dos painéis de acordo com o projeto da fabricante de forma, conforme a figura 08;

Figura 08 – Identificação dos painéis de forma



Fonte: Autoria própria, 2023.

- b) Segundo passo: Aplicação de desmoldante para facilitar a desforma e garantir a vida útil dos painéis, conforme a figura 09;

Figura 09 – Aplicação de desmoldante.



Fonte: Autoria própria, 2023.

- c) Terceiro passo: Colocação dos painéis de alumínio nos referidos locais conforme projeto, conforme a figura 10;

Figura 10 – Montagem painéis de alumínio.



Fonte: Autoria própria, 2023.

- d) Quarto passo: Colocação das gravatas e camisas protetivas para travamento, conforme a figura 11;

Figura 11 – Colocação das gravatas e camisas protetivas.



Fonte: Autoria própria, 2023.

- e) Quinto passo: Utilização dos acessórios de travamento da forma, como as gravatas, chapola (01) pino (02), cunhas (03), busetinha (03), suporte alinhador (04), parafuso de forma (05), conforme a figura 12;

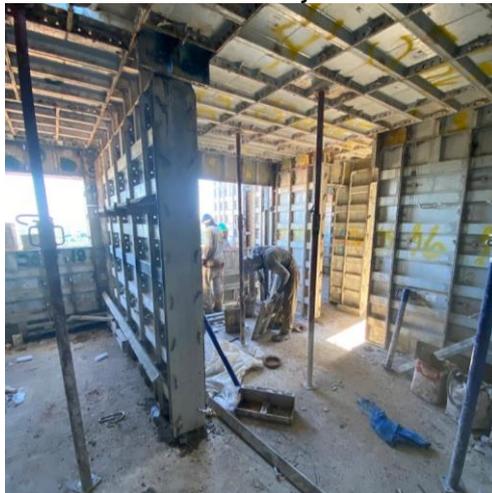
Figura 12 – Acessórios de montagem.



Fonte: Autoria própria, 2023.

- f) Sexto passo: Instalação dos painéis de alumínio de laje e escoramento, conforme a figura 13;

Figura 13 – Painéis de laje e escoramento.



Fonte: Autoria própria, 2023.

- g) Sétimo passo: Colocação dos suportes de alinhadores, e alinhadores de forma horizontais, e gabarito de canto de forma, conforme as figuras 14 e 15:

Figura 14 – Alinhadores de forma.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 15 – Gabarito.



Fonte: Autoria própria, 2023

O último passo é a conferência e todos os travamentos, alinhamentos e prumos da forma, é uma etapa fundamental para garantir a qualidade do conjunto e segurança na hora da concretagem, portanto foi desenvolvido um check-list que garante essa eficiência, conforme o Anexo A. Após esse processo é liberado o início da concretagem.

As formas da obra em questão contam com um sistema de seguridade, que garante a produtividade e segurança dos operários, onde é realizada com a montagem do sistema de andaime + guarda corpo de andaime conforme a figura 16, guarda corpo de concretagem conforme a figura 16, e linha de vida para trabalho em altura e montagem da área externa.

Figura 16 – Andaime.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 17 – Guarda corpo.



Fonte: Autoria própria, 2023.

### 3.7. Concretagem

O primeiro passo para início da concretagem é a montagem da bomba de lançamento de concreto e instalação dos mangotes canalizadores, começa sempre 2 (duas) horas antes da concretagem, a bomba escolhida para ser utilizada para bombeamento de concreto auto adensável nesta edificação é do tipo estacionária, pois é a que irá garantir eficiência e produtividade durante toda execução da obra, conforme a figura 18.

Figura 18 – Montagem da bomba estacionária.



Fonte: Autoria própria, 2023.

É importante sempre após as concretagens realizar a limpeza minuciosa do sistema para que não ocorram problemas nas próximas concretagens, é comum acontecer obstruções, entupimentos e rompimentos de mangotes.

A construtora possui sua própria usina de produção de concreto, localizada a cerca de 800m da obra do Residencial A, onde produz todos os concretos despejados em seus canteiros de obras, otimizando tempo, custo e garantindo qualidade e eficiência nas concretagens, conforme a figura 19.

Figura 19 – Usina de concreto da construtora.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Nesta obra de paredes de concreto é utilizado o concreto do tipo auto adensável conforme especificações do calculista estrutural. Nas paredes de concreto, laje e escadas é determinado pelo calculista a resistência característica e as propriedades físicas e químicas do concreto. Devido à alta resistência do concreto e o alto poder de retração aliado as altas temperaturas que estamos passando, foi-se recomendando o uso de fibras de polipropileno para minimizar os efeitos da retração do concreto durante a cura do concreto.

Do térreo ao 4º pavimento usa-se o concreto  $f_{ck} = 35$  Mpa, do 5º pavimento ao 7º pavimento usa-se o concreto  $f_{ck} = 30$  Mpa, e do 8º ao 16º pavimento tipo usa-se concreto com  $f_{ck} = 25$  Mpa. A figura 20 é um recorte da folha 25 do projeto de estruturas do Residencial A.

Figura 20 – Especificações do concreto.

ESPECIFICAÇÕES DO CONCRETO :		
RESISTÊNCIA CONCRETO LAJE		PROPRIEDADES DO CONCRETO :
PAVIMENTO	RESISTÊNCIA CONCRETO (MPa)	- fck = 35,0 Mpa
TERREO	35,0	- fck para desforma = 3,0 Mpa
		- RELAÇÃO A/C < 0,60
		- MÓDULO DE DEFORMAÇÃO EC (tangente) > 29 Gpa (considerando granito como agregado graúdo)
PROPRIEDADES GERAIS PARA TODAS RESISTÊNCIAS DO CONCRETO :		PROPRIEDADES DO CONCRETO :
- COEFICIENTE DE RETRAÇÃO MENOR = 0,035%, CURADO NAS MESMAS CONDIÇÕES DA OBRA		- fck = 35,0 Mpa
- FLOW 600 +/- 50 MM		- fck para desforma = 3,0 Mpa
- CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO = FILLER INERT = 370 KG/M <sup>3</sup>		- RELAÇÃO A/C < 0,60
FILLER = MATERIAL TÍPICO COM FISSURA ENTRE 0,075MM E 0,150MM		- MÓDULO DE DEFORMAÇÃO EC (tangente) > 27 Gpa (considerando granito como agregado graúdo)
- UTILIZAR FIBRAS DE POLIPROPILENO PARA MELHORAR RETRAÇÃO (CONSUMO > 300 g/m <sup>3</sup> ) - VALOR DE REFERÊNCIA NAS CONSULTAS FABRICANTE PARA DENSIDADE DAS FIBRAS.		PROPRIEDADES DO CONCRETO :
- TAMANHO MÁXIMO DO AGREGADO 12 MM		- fck = 25,0 Mpa
		- fck para desforma = 3,0 Mpa
		- RELAÇÃO A/C < 0,60
		- MÓDULO DE DEFORMAÇÃO EC (tangente) > 24 Gpa (considerando granito como agregado graúdo)

Fonte: Construtora, 2022.

O concreto é produzido na usina e transportado para colocar o aditivo super plastificante e endurecedor, 10 minutos antes de ser bombeado para as paredes, onde esse aditivo tem como principal função garantir a fluidez do concreto e a resistência inicial com 12h. Após colocar o aditivo na betoneira, coloca-se a betoneira para bater pelo período de 1 minuto por metro cubico de concreto. É necessário que o concreto esteja bastante fluído para percorrer por dentro de todas as paredes de concreto evitando o aparecimento de patologias futuras. A figura 21 mostra o momento da dosagem do caminhão betoneira.

Figura 21 – Dosagem concreto.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O teste de espalhamento de cone, ou Flow Test, onde analisa-se a fluidez do concreto, é realizado posteriormente a aditivação do concreto, e realizado quando o concreto ainda está em estado fresco e determina assim a capacidade de espalhamento do concreto, ou seja a sua fluidez. O Flow adotado é 700 +/- 20 (mm), medido com a trena, caso não atinja o Flow especificado ajustamos na hora com a adição de mais água no caminhão betoneira. A figura 22 mostra o momento da amostragem do Flow Test.

Figura 22 – Realização do Flow Test.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Os corpos de prova são moldados “*in loco*” para realização do teste de resistência com 12 horas, 7 (sete) dias, 14 (quatorze) dias e 28 (vinte e oito) dias. São coletadas ao total 8 (oito) “Cp’s”, ou amostras, para realização dos testes, conforme a figura 23.

Figura 23 – Corpos de Prova



Fonte: Autoria própria, 2023.

Concluído todas as etapas anteriores o concreto por fim é lançado, e durante essa etapa é importante pensar em uma logística que otimize o trabalho e tempo. Com isso, o lançamento é iniciado na extremidade oposta ao local da bomba, sendo despejado os primeiros metros cúbicos inicialmente nas paredes e já vem finalizando o acabamento com o nivelamento da laje, que é gabaritada com o auxílio de um nível a laser para assim garantir o nível desejado da laje. A figura 24 demonstra a execução da concretagem.

Figura 24 – Concretagem.



Fonte: Autoria própria, 2023.

A rastreabilidade do concreto é realizada pelo engenheiro residente durante as etapas de concretagem da forma, garante que caso aconteça algum problema na qualidade do concreto despejado nas forma, rastreado por número de betoneira, localize exatamente o ponto e realizar os reparos necessários, conforme a figura 25, onde é realizado pelo smartphone em um aplicativo de desenho livre, com base na arquitetura do local.

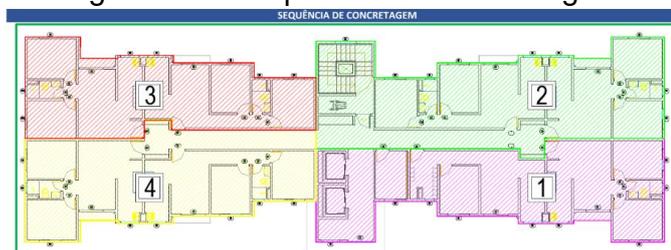
Figura 25 – Rastreabilidade do concreto.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Existe a sequência dos ciclos de concretagens, definida pelos projetista estrutural e de forma da fabricante, e nesse caso estudado contamos com 4 concretagens, sempre mostrando simetria nos eixos. A edificação conta com junta de dilatação de 1,5 cm dividindo-a ao meio, separando a 1ª e 2ª concretagem da 3ª e 4ª concretagem, conforme a figura 26, abaixo:

Figura 26 – Sequência de concretagem.



Fonte: Construtora, 2023.

### 3.8. Desforma

A desforma inicia-se geralmente após 12h da finalização da concretagem, mas além desse tempo mínimo de horas, deverá atingir a resistência característica do concreto de 3 Mpa com as 12h, conforme recomendação do projetista estrutural.

Após a liberação do laboratório de ensaio, o processo se inicia-se com a desmontagem de todos os acessórios da forma, soltando peça por peça até finalizar com as formas.

Junto com a desforma é realizado o processo de limpeza das formas, onde sempre fica algum resquício de concreto grudado na forma por falta de desmoldante no local durante a montagem, sendo a limpeza um fator crucial para garantir a vida útil das formas de alumínio.

### 3.9. Cura

Segundo Andrade (2022), a cura após a concretagem é importante para assegurar a propriedades do concreto desejadas, e que se o concreto não é hidratado da maneira correta ocasionará perda de resistência e durabilidade no concreto.

Dessa forma, após a desforma das paredes de concreto, a cura é realizada 2 (duas) vezes ao dia durante 7 (sete dias) com água corrente em abundância para podermos conservar as propriedades do concreto e evitar fissuras devido as reações químicas do concreto. Uma outra solução a se pensar é a utilização de cura química, mas que nesse caso não se tornou viável, pois a obra conta com poço artesiano.

Figura 27 – Cura da concretagem realizada com água.



Fonte: Autoria própria, 2023.

### 3.10 Patologias

Durante o período de inspeções realizados “in-loco”, tiveram raras ocorrências de patologias, devido as frequentes verificações de serviço antes das concretagens. Mas erros sempre estão suscetíveis a acontecer em qualquer edificação, sendo assim as principais patologias levantadas na obra em questão estão expressas abaixo.

#### 3.10.1 Fissuras

- Ocorrência: Acontecem devido a retração térmica do concreto, falta de cura, e desforma antecipada.
- Tratamento: Realizar limpeza da superfície e preencher com argamassa AC-III.

Figura 28 – Fissuras de retração.

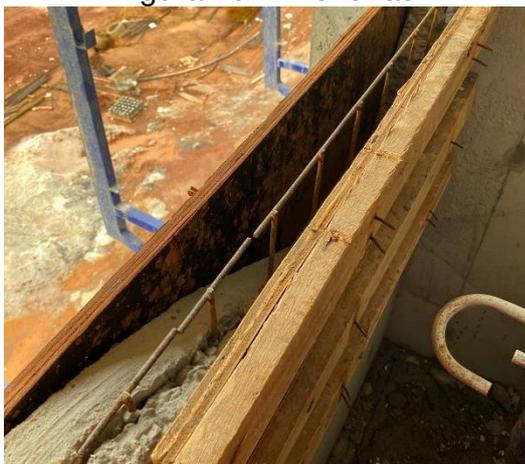


Fonte: Autoria própria, 2023.

#### 3.10.2. Bicheiras

- Ocorrência: Devido à falta de preenchimento de concreto na forma, deixando vazios e armadura exposta.
- Tratamento: Realizar limpeza da superfície, e preenchimento com graute de saco com resistência maior ou igual ao concreto utilizado na peça.

Figura 29 – Bicheiras.



Fonte: Autoria própria, 2023.

### 3.10.3 Deformações nas Parede

- Ocorrência: Falta de travamento e conferência pela equipe de engenharia antes da concretagem.
- Tratamento: Regularizar a parede com corte de ferramentas mecânicas como lixadeiras e martelo rompedor ou escarear manualmente o concreto até chegar no nível correto.

Figura 30 – Deformações nas Paredes.



Fonte: Autoria própria, 2023.

### 3.10.4 Peças presas no concreto

- Ocorrência: Devido à falta de camisas protetivas, ou falta de desmoldante nas peças de alumínio.
- Tratamento: Romper a circunferência da peça até a soldura com uso de ferramentas mecânicas como martelos rompedores.

Figura 31 – Peças presas no concreto.



Fonte: Autoria própria, 2023.

### 3.11 Vantagens e desvantagens

Podemos listar as principais vantagens do sistema em das paredes concreto em comparação a alvenaria estrutural em:

- Alta produtividade;
- Velocidade na execução;
- Racionalização do sistema;
- Índice baixo de desperdício de materiais;
- Planejamento antecipado de custos;
- Maior controle de qualidade;
- Redução do efetivo de colaboradores;
- Custo global competitivo;
- Redução de materiais de acabamento.

Já como principais desvantagens em relação a alvenaria estrutural temos:

- Alto investimento inicial da forma;
- Escassez de mão de obra especializada;
- Flexibilidade na execução da obra;
- Passível ao surgimento de patologias.

### 3.12 Viabilidade dos sistemas construtivos

Foi realizado uma análise comparativa de custos entre os sistemas construtivos, parede de concreto e alvenaria estrutural em blocos de concreto, para justificar a implantação do sistema. É importante ressaltar a mudança da empresa para paredes de concreto, onde nos últimos 12 anos todos os empreendimentos foram construídos em alvenaria estrutural com blocos de concreto.

O estudo da viabilidade parte da ideia de fazer com base em projetos de mesma arquitetura, com cronograma e orçamento de uma torre isolada, onde é levado em conta a comparação de custos de materiais e mão de obra, custo total da construção e custo financeiro da entrega da obra. Vale ressaltar que no sistema de paredes de concreto levou-se em conta a utilização da forma em cada ciclo de concretagem. A fornecedora da forma de alumínio, vende sua forma garantindo no mínimo 750 ciclos de concretagem, podendo chegar até 1200 ciclos de concretagem a depender do uso e cuidados com o sistema. Para

a viabilidade, temos a premissa que a forma conseguirá atingir pelo menos 750 concretagens com total eficiência + 5% do valor investido na forma para reparos e substituição de peças avariadas.

Os dados foram coletados a partir de orçamentos e tabelas de custos internos da construtora, dados orçamentários de 2020, mas atualizados para o ano de 2023 de acordo com o INPC. A tabela 1 abaixo, demonstra os custos por unidade habitacional (UH) e por metro quadrado (m<sup>2</sup>), considerando apenas os gastos com a superestrutura de 1400 unidades habitacionais, sem contar infraestrutura e custo de terreno.

Tabela 1 – Material + Mão de Obra Direta 1400 UH

Sistema Construtivo	Custo por UH	Custo por m <sup>2</sup>	Diferença (%)
Alvenaria Estrutural	R\$ 60397,82	1259,60	+11,47
Parede de Concreto	R\$ 54180,14	1129,93	0

Fonte: Adaptado Construtora, 2023.

Já a tabela 2 abaixo, demonstra os custos por unidade habitacional (UH) e por metro quadrado (m<sup>2</sup>), considerando os gastos totais da obra, incluindo a superestrutura e acabamento de 1400 unidades habitacionais.

Tabela 2 – Custo Total Obra 1400 UH

Sistema Construtivo	Custo por UH	Custo de construção por m <sup>2</sup>	Diferença (%)
Alvenaria Estrutural	R\$ 73268,56	1528,02	+13,88
Parede de Concreto	R\$ 64673,04	1341,76	0

Fonte: Adaptado Construtora, 2023.

As tabelas 3 e 4 abaixo representam os custos de mão de obra + materiais para construção do 1º pavimento, das Paredes de Concreto Moldadas “In-loco” do Residencial A, e Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto do Residencial B. Conforme os edifícios são erguidos, esses custos são reduzidos devido as reduções de secção de aço, e resistência do concreto. As tabelas descrevem melhor os gastos estruturais, já que os custos indiretos e diretos não representam tanta discrepância entre os sistemas.

Tabela 3 – Custo de construção 1º Pavimento Paredes de Concreto no Residencial A.

Custo de Construção para o 1º Pavimento Paredes de Concreto			
Descrição	Quantitativo	Valor unitário	Custo Total (R\$)
Mão de Obra (m <sup>2</sup> )	438,12	R\$ 126,99	R\$ 55.636,86
Concreto Lançado CAA-35 (m <sup>3</sup> )	146,50	R\$ 547,56	R\$ 80.217,54
Aço (Kg)	4719,00	R\$ 7,36	R\$ 34.731,84
Forma Metálica Por Concretagem	4,00	R\$ 3.258,67	R\$ 13.034,68
Demais Indiretos + Diretos	438,12	R\$ 712,94	R\$ 312.353,27
<b>Total =</b>			<b>R\$ 495.974,19</b>

Fonte: Adaptado Construtora, 2023.

Tabela 4 – Custo de Construção 1º Pavimento Alvenaria Estrutural no Residencial B.

<b>Custo de Construção para o 1º Pavimento Alvenaria Estrutural</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Quantitativo</b>	<b>Valor unitário</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
<b>Mão de Obra (m²)</b>	442,29	R\$ 126,99	R\$ 56.144,82
<b>Concreto Lançado CAA-30 (m³)</b>	88,45	R\$ 498,30	R\$ 44.074,64
<b>Aço (Kg)</b>	5162,00	R\$ 7,36	R\$ 37.992,32
<b>Blocos de Concreto 14 Mpa (m²)</b>	865,14	R\$ 81,25	R\$ 70.292,63
<b>Argamassa 3Mpa (m²)</b>	865,14	R\$ 4,13	R\$ 3.573,03
<b>Formas de Madeira P/ 4 Utilizações (m²)</b>	442,29	R\$ 78,37	R\$ 34.648,94
<b>Demais Indiretos + Diretos</b>	442,29	R\$ 689,13	R\$ 304.678,16
<b>Total =</b>			R\$ 551.404,53

Fonte: Adaptado Construtora, 2023.

É evidente a diferença de custos entre os sistemas estudados, tornando a parede de concreto moldado “in-loco” mais econômica em relação a tradicional alvenaria estrutural, mas se considerarmos apenas a construção de apenas um edifício com os mesmos moldes arquitetônicos as paredes de concreto se tornaria inviável devido ao alto custo inicial na compra das formas, que hoje custa em média de R\$1600,00 a R\$2000,00 o m² de parede a depender do sistema de montagem adotado.

A diferença de produtividade e custo de mão de obra direta, levou-se em consideração índices como o tempo de execução por pavimento, a quantidade de colaboradores por pavimento, e o custo de mão de obra por m2.

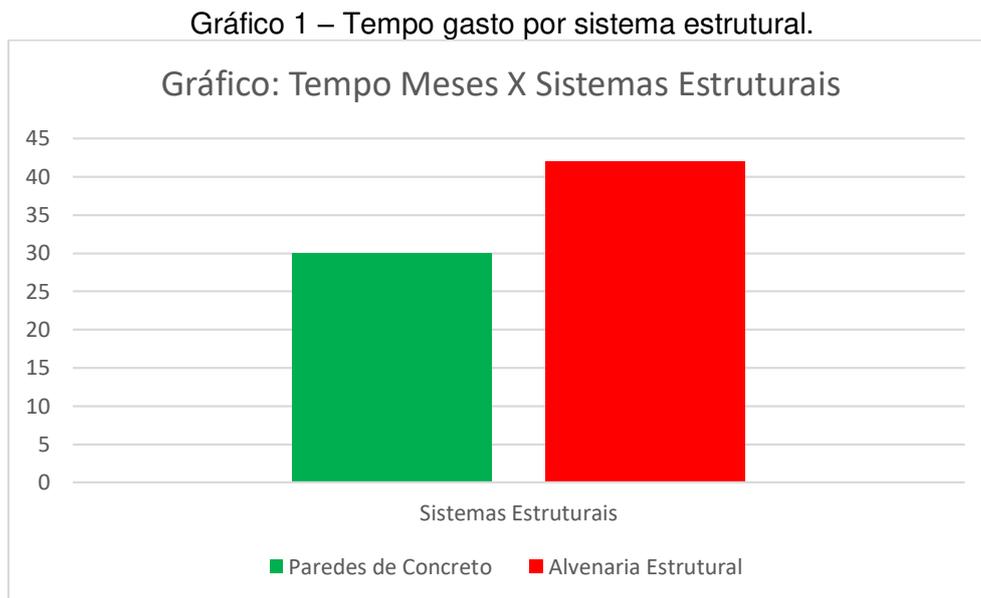
Tabela 5 – Produtividade por pavimento.

<b>Sistema Construtivo</b>	<b>Tempo de execução por pavimento</b>	<b>Diferença %</b>	<b>Quantidade de colaboradores por pavimento</b>	<b>Diferença %</b>	<b>Custo de Mão de Obra Direta Onerado m²</b>	<b>Diferença %</b>
<b>Alvenaria Estrutural</b>	7 a 8 dias	+66,67	16	0	R\$158,23	+24,59
<b>Parede de Concreto</b>	4 a 5 dias	0	25	+56,25	R\$126,99	0

Fonte: Construtora, 2020.

A diferença nos índices de produtividade é alta, cerca de 66,67% em comparação entre os sistemas estruturais, onde as Paredes de Concreto leva vantagem por ser mais rápida a execução, porém a quantidade de colaboradores é elevada, em torno de 56,25% acima em comparação com a Alvenaria Estrutural. O percentual de diferença no custo do m² de mão de obra entre os sistemas é justificado por conta que a alvenaria estrutural demanda colaboradores qualificados o que eleva esse índice, em torno de 24,59% nesse trabalho.

Se consideramos os cronogramas de construção, dos Residenciais A e B, é notável uma redução da paredes de concreto em comparação a alvenaria estrutural de 40% na velocidade para conclusão de um empreendimento, conforme o gráfico 1 ilustra.



Fonte: Adaptado Construtora, 2023.

Essa redução de tempo resulta em outros ganhos, como por exemplo, a redução de gastos com funcionários e demais custos diretos e indiretos para a construtora, e redução do tempo de retorno de investimento, tornando-o a escolha da paredes de concreto nessa situação estudada mais vantajosa em comparação a alvenaria estrutural.

#### 4. CONCLUSÕES

O método construtivo de Paredes de Concreto moldadas “*in-loco*” está se popularizando entre as construtoras e incorporadoras no Brasil a cada dia, e já se tornou tendência entre as construções de baixo custo, reduzindo gradativamente as construções com o sistema de Alvenaria Estrutural entre as empresas de construção civil.

É notório que este estudo obteve resultados satisfatórios onde a industrialização do processo construtivo das paredes de concreto com a forma de alumínio, possibilita que os ciclos de concretagem sejam repetidos todos os dias, de forma que a produtividade, velocidade de execução, e custo são fatores determinantes na escolha desse sistema, além de que o retorno financeiro será mais rápido em comparação a alvenaria estrutural.

De acordo com as manifestações patológicas encontradas durante o processo executivo das paredes de concreto, é necessária efetivação durante o acompanhamento da execução, além do fornecimento de treinamento e capacitação dos colaboradores.

Demostrou-se importante o surgimento da NBR 16055:2012 para que se garanta eficiência e segurança durante a execução de projeto e etapas de construção, aliado as extensivas vistorias e conferências durante o processo industrial.

Portanto tornou-se possível a conclusão que o sistema de paredes de concreto moldadas “*in-loco*” é viável economicamente neste caso, com um custo reduzido de aproximadamente onde o planejamento de empreendimentos futuros baixou consideravelmente o custo global da obras e o de implantação do sistema de formas de alumínio.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. MINHA CASA MINHA VIDA IMPULSIONA O USO DO CONCRETO EM OBRAS HABITACIONAIS. São Paulo, p. 1-1.

24 mar. 2023. Disponível em: <https://abcp.org.br/minha-casa-minha-vida-impulsiona-o-uso-do-concreto-em-obras-habitacionais/>. Acesso em: 22 nov. 2023.

ALVARENGA, V. G. L. ANÁLISE DE CUSTOS: ALVENARIA ESTRUTURAL EM BLOCOS DE CONCRETO X PAREDE DE CONCRETO MOLDADA IN LOCO. 2021. 33 p. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

ANDRADE, V. H. A. Sistema construtivo em paredes de concreto em obras residenciais – Estudo de Caso. PUC Goiás. 12 f. Artigo. Goiânia, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16055: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

COLETÂNEA DE ATIVOS 2011 – 2013. Paredes de concreto, velocidade com qualidade. Livreto. Comunidade da construção, sistemas à base de concreto. São Paulo, 2013.

JUNIOR, ARY FONSECA. ORIENTAÇÕES BÁSICAS PARA QUEM QUER CONSTRUIR COM PAREDES DE CONCRETO. NUCLEO PAREDES DE CONCRETO, São Paulo, p. 1-1, 22 jun. 2017. Disponível em: <https://nucleoparededeconcreto.com.br/as-vantagens-de-ter-uma-equipe-capacitada-2/#:~:text=%C3%89%20importante%20discutir%20as%20caracter%C3%ADsticas,no%20estado%20fresco%20e%20endurecido>. Acesso em: 20 nov. 2023.

LOPES, A. FELIPE. Utilizando parede de concreto moldadas “In-Loco”. 2016. 7 f. Monografia. Especialização em produção e gestão do meio ambiente construído. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

LORENCETO, D. Guia de fornecedores de paredes de concreto. Uberlândia, 2022.

MACÊDO, S. J. Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local. Universidade Federal da Paraíba. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso. João Pessoa, 2016.

MARTINS, L. G. Estudo de caso comparativo da viabilidade econômica dos métodos construtivos: Alvenaria Estrutural e Paredes de Concreto integrado ao planejamento de obras. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal do Goiás. Curso Bacharelado em Engenharia Civil. Aparecida de Goiânia, 2019. 19p.

NETO, ALDEMAR BUARQUE DE PAIVA; LIMA, ANA LAYSSA CARNEIRO LEÃO DE ARAÚJO; SERAK, DEBORAH BARRETO. Processo Construtivo de Paredes de Concreto Moldadas In Loco. 2017. 54 p. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

ROCHA, M. S. GOMES, J. P. D. Análise do sistema construtivo paredes de concreto moldadas “in loco” – um estudo de caso. 2018. 47 p. ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, TCC – Uni Evangélica Curso de Engenharia Civil. Anápolis, 2018.

SILVA, G. H. A. Análise de custo e produtividade entre alvenaria estrutural em blocos de

Concreto e paredes de concreto moldadas no local em unidades habitacionais de interesse social. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento. Florianópolis, SC, 2021 106p.

SOUSA, A. F.; BADARÓ, W. A. Estudo das manifestações patológicas causadas por falhas operacionais em parede de concreto moldada in loco. 2019. 19p. Trabalho de conclusão de curso. Bacharel em Engenharia Civil. Instituto Federal do Goiás. Aparecida de Goiânia GO, 2019.

## ANEXO

### A – CHECK LIST PRÉ CONCRETAGEM

		CHECK LIST MONTAGEM DA FÔRMA E CONCRETAGEM															
		OBRA:		BLOCO:		APTO:		DATA DE INICIO DA MONTAGEM:									
		N° MONTAGEM:		N° MONTADORES:		DATA TÉRMINO DA CONCRETAGEM:											
		CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO				COZINHA		SALA		BANHEIRO		QUARTO 1		QUARTO 2		LAJE	
		OK		NÃO OK		OK	NÃO	OK	NÃO	OK	NÃO	OK	NÃO	OK	NÃO	OK	NÃO
LAJE RADIER	1º	NIVEL DA LAJE RADIER	Até 1 cm	> 1 cm													
	2º	GABARITOS	Conforme Projeto	Não Conforme													
MONTAGEM DA FÔRMA	3º	LIMPEZA DA FORMA	Limpa c/Desmol.	Suja													
	4º	TRAVAMENTO (GRAMPOLA)	Colocado e Travado	Falta de um dos itens													
	5º	ALINHAMENTO PAREDES	Alinhado	Não Alinhado													
	6º	ESPAÇADORES (CONES)	Colocados	Não Colocados													
	7º	QUADROS	Conforme Projeto	Não Conforme													
	8º	ALINHADORES	Conforme Projeto	Não Conforme													
	9º	BARRA DE ANCORAGEM	Tamanho correto	Tamanho incorreto													
	10º	PORCAS	Apertadas	Sem aperto													
	11º	ESQUADRO	90°	<90°<													
	12º	PRUMO	1 cm	> 1cm													
	13º	ALINHADORES DE CANTO	Colocado e Travado	Falta de um dos itens													
	14º	ESTRONCAS DAS PORTAS (H)	Colocados	Não Colocados													
	15º	ESCORAS DAS LAJES	Colocadas	Não Colocadas													
APÓS CONCRETAGEM	16º	PRUMO	< 15mm	> 15mm													
	17º	ESQUADRO	90°	>90°<													
	18º	ACABAMENTO	Sem deformidades	Com deformidades													
Observações:										Mestre de Obras: Visto: _____ Data: ____/____/____ Engenheiro: Visto: _____ Data: ____/____/____							