



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**



FELLIPE BARBOSA DE MENEZES CUNHA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROJETOS ESTRUTURAIS DE
EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS ANDARES DE ALTO PADRÃO EM
CONCRETO ARMADO E EM ESTRUTURA MISTA DE AÇO E
CONCRETO**

São Cristovão - SE
2023

FELLIPE BARBOSA DE MENEZES CUNHA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROJETOS ESTRUTURAIS DE
EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS ANDARES DE ALTO PADRÃO EM
CONCRETO ARMADO E EM ESTRUTURA MISTA DE AÇO E
CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à
Universidade Federal de Sergipe, como requisito
parcial para obtenção do título Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Higor Sérgio Dantas de Argôlo

São Cristovão - SE
2023

É concedida à Universidade Federal de Sergipe permissão para reproduzir cópias desta monografia e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho acadêmico pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Assinatura

Cunha, Fellipe Barbosa de Menezes.

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROJETO ESTRUTURAL DE EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS ANDARES DE ALTO PADRÃO EM CONCRETO ARMADO E ESTRUTURA MISTA DE AÇO E CONCRETO/ Fellipe Barbosa de Menezes Cunha

São Cristóvão, 2023

76 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

I. Universidade Federal de Sergipe/Sergipe. CDS

II. Título.

FELLIPE BARBOSA DE MENEZES CUNHA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROJETOS ESTRUTURAIS DE
EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS ANDARES DE ALTO PADRÃO EM
CONCRETO ARMADO E EM ESTRUTURA MISTA DE AÇO E
CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à
Universidade Federal de Sergipe, como requisito
parcial para obtenção do título Bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovado em: ____ de ____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

NOTA: _____

**Dr. Higor Sérgio Dantas Argôlo - UFS
(Orientador)**

NOTA: _____

**Dr.^a. – Debora de Gois Santos – UFS
(1º Examinador)**

NOTA: _____

**MSc. – Rafael Nunes da Cunha - UFS
(2º Examinador)**

AGRADECIMENTOS

Ao finalizar esse ciclo universitário, é preciso agradecer àquelas pessoas que estiveram comigo em alguma parte desse processo, é um ato de gratidão por compartilharem momentos dessa etapa na minha vida.

Aos meus pais, Edjane e Carlos Cunha, por me apoiarem desde o início em relação a carreira que queria seguir, e incentivarem que a educação é a porta para colher as melhores experiências nesse mundo.

A minha irmã, Carol, por me apoiar e me escutar quando precisava, mesmo não entendendo nada das matérias “loucas” de engenharia.

Em especial, ao irmão que a UFS me deu, meu melhor amigo, Luca Xaud, que formou comigo a dupla dinâmica e compartilhou todas as experiências possíveis nesse mundo universitário, gratidão eterna meu amigo.

Ao meu grupo de estudos, Arthur Alves, Lara Romão, Luca Xaud e Vinícius Bomfim, que me acompanharam desde o início em todos os trabalhos, aulas, provas e tudo mais, sem vocês a experiência não teria sido a mesma.

Aos meus amigos de curso, que vivenciaram todas as dores de cabeça, sufoco e alegrias que o curso de Engenharia Civil pode proporcionar.

Ao Departamento de Engenharia Civil (DEC) e os professores que a compõem esse departamento sensacional. Em especial ao professor Higor Argôlo por aceitar meu convite para ser orientador desse trabalho.

Não poderia esquecer do grande e sem igual RESUN, se não fosse ele com suas comidas saborosas e surpresas, eu não suportaria todas as loucuras da vida acadêmica.

Agradeço também a todo pessoal da Severn Engenharia e Arquitetura, por me mostrarem um outro lado da Engenharia Civil. Principalmente a Douglas Dantas Dias, que além de chefe, virou um amigo de profissão e me mostrou esse mundo incrível das estruturas metálicas.

RESUMO

É nítido em construções brasileiras que as estruturas em concreto armado são as mais predominantes, mesmo em casos que não sejam as mais viáveis. Um dos motivos para isso ocorrer é o enraizamento na comunidade da construção civil em relação a utilização do concreto armado como única solução estrutural, fazendo com que outras soluções estruturais, como a estrutura mista de aço e concreto, sejam deixadas de lado. A fim de contribuir com disseminação de outras possibilidades construtivas, este estudo visa analisar comparativamente uma edificação de múltiplos andares de uso misto – comércio e apartamento residenciais, projetada em concreto armado e em estrutura mista de aço e concreto, destacando as vantagens e desvantagens da estrutura mista de aço e concreto, em relação ao tradicional concreto armado. Assim, foram utilizados os softwares Eberick para o dimensionamento da estrutura em concreto armado e o CypeCad para a solução em estrutura mista de aço e concreto, visando obter os dados necessários para realizar a comparação de viabilidade entre as estruturas. Dado os dimensionamentos, foi possível criar uma tabela orçamentária, com base na tabela SINAPI analítica não desonerada de dezembro/2022, bem como criar o cronograma de execução de ambas as estruturas. Por fim, com base na análise realizada neste estudo, foi possível concluir que as estruturas mistas possuem um custo mais elevado em relação a estruturas em concreto armado, entretanto possuem um tempo de execução inferior. Dessa forma, para determinar a viabilidade técnico econômica da edificação de estudo, foi calculada uma receita mensal mínima que a edificação precisa gerar para que a estrutura mista de aço e concreto seja mais viável em relação a estrutura de concreto armado. Com isso encontrou-se um valor de R\$ 232.043,73, mostrando que o custo de execução não é o único e principal parâmetro ao determinar a viabilidade econômica de uma solução estrutural.

Palavras – chave: Estrutura mista de aço e concreto; Estrutura de concreto armado; Viabilidade técnico econômica.

ABSTRACT

It is evident in Brazilian constructions that reinforced concrete structures are the most predominant, even in cases where they may not be the most viable option. One of the reasons for this is the deeply rooted use of reinforced concrete within the civil construction community, which causes other structural solutions, such as steel and concrete composite structures, to be overlooked. In order to contribute to the dissemination of alternative construction possibilities, this study aims to comparatively analyze a multi-story building with mixed-use - residential apartments and commercial spaces - designed in both reinforced concrete and steel and concrete composite structures, highlighting the advantages and disadvantages of the steel and concrete composite structure compared to the traditional reinforced concrete. The Eberick *software* was used for the design of the reinforced concrete structure, while CypeCad was employed for the steel and concrete composite solution, aiming to obtain the necessary data for the viability comparison between the structures. Based on the dimensions obtained, a cost table was created using the analytical unburdened SINAPI table from December 2022, and a construction schedule was developed for both structures. Finally, based on the analysis conducted in this study, it was concluded that composite structures have higher costs compared to reinforced concrete structures; however, they have a shorter construction time. Thus, to determine the technical and economic viability of the studied building, a minimum monthly revenue that the building needs to generate in order for the steel and concrete composite structure to be more viable than the reinforced concrete structure was calculated. This resulted in a value of R\$ 232,043.73, demonstrating that the execution cost is not the only or primary parameter in determining the economic viability of a structural solution.

Keywords: Steel and concrete composite structure; Reinforced concrete structure; Technical and economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Laje mista de aço e concreto.....	13
Figura 2 – Tipos de fôrmas.....	14
Figura 3 – Principais tipos de vigas mistas.	15
Figura 4 – Comportamento mecânico das vigas à flexão.....	16
Figura 5 – Variação da deformação conforme o tipo de interação entre o aço e o concreto....	17
Figura 6 – Fachada lateral do edifício de estudo.	20
Figura 7 – Modelo 3D do edifício de estudo.	20
Figura 8 – Fachada lateral da estrutura em concreto armado.	21
Figura 9 – Modelo 3D da estrutura em concreto armado.	21
Figura 10 – Perspectiva da estrutura mista de aço e concreto.	22
Figura 11 – Modelo 3D da estrutura mista de aço e concreto.	22
Figura 12 – Cronograma de execução estrutura em concreto armado.	33
Figura 13 – Cronograma de execução estrutura mista de aço e concreto.....	40
Figura 14 – Comparação de custos entre estruturas.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área total dos pavimentos.	20
Tabela 2 – Relação de materiais da estrutura em concreto armado.....	26
Tabela 1 - Orçamento Fundação.....	26
Tabela 2 - Orçamento Pavimento Térreo.	26
Tabela 3 - Orçamento 2º Pavimento.	27
Tabela 4 - Orçamento 3º Pavimento.	27
Tabela 5 - Orçamento 4º Pavimento.	27
Tabela 6 - Orçamento 5º Pavimento.	27
Tabela 7 - Orçamento Pavimento Cobertura.	27
Tabela 8 - Orçamento geral.	28
Tabela 9 - Duração Atividades: pavimento fundação.	28
Tabela 10 - Duração Atividades: pavimento térreo.....	29
Tabela 11 - Duração Atividades: 2º pavimento.	29
Tabela 12 - Duração Atividades: 3º pavimento.	30
Tabela 13 - Duração Atividades: 4º pavimento.	31
Tabela 14 - Duração Atividades: 5º pavimento.	31
Tabela 15 - Duração Atividades: pavimento cobertura.	32
Tabela 18 - Carregamento nas fundações.....	34
Tabela 19 – Relação de materiais da estrutura mista de aço e concreto.....	35
Tabela 16 - Orçamento Fundação.....	35
Tabela 17 - Orçamento Pavimento Térreo.	35
Tabela 18 - Orçamento 2º Pavimento.	36
Tabela 19 - Orçamento 3º Pavimento.	36
Tabela 20 - Orçamento 4º Pavimento.	36
Tabela 21 - Orçamento 5º Pavimento.	36
Tabela 22 - Orçamento Pavimento Cobertura.	36
Tabela 23 - Orçamento geral.	37
Tabela 24 - Duração Atividades: pavimento fundação.	37
Tabela 25 - Duração Atividades: pavimento térreo.....	38
Tabela 26 - Duração Atividades: 2º pavimento.	38
Tabela 27 - Duração Atividades: 3º pavimento.	38
Tabela 28 - Duração Atividades: 4º pavimento.	39

Tabela 29 - Duração Atividades: 5º pavimento.	39
Tabela 30 - Duração Atividades: pavimento cobertura.	39
Tabela 35 - Carregamento nas fundações.....	41
Tabela 36 - Custo total de ambas as estruturas.....	41
Tabela 37 - Carga de fundação de ambas as estruturas.	43

1. SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
	2.1OBJETIVO	GERAL
	.....	3
	2.2OBJETIVOS	ESPECÍFICOS
	.....	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
	3.1CONCEPÇÃO	ESTRUTURAL
	.....	4
	3.2ESTRUTURA	EM CONCRETO ARMADO
	.....	5
	3.2.1 VANTAGENS	6
	3.2.2 DESVANTAGENS	7
	3.3ESTRUTURAS	DE AÇO
	.....	7
	3.3.1 PROPRIEDADES MECÂNICAS.....	9
	3.3.2 VANTAGENS	10
	3.3.3 DESVANTAGENS	11
	3.4ESTRUTURA	MISTA DE AÇO E CONCRETO
	.....	12
	3.4.1 LAJES MISTAS.....	13
	3.4.2 VIGAS MISTAS	15
4	METODOLOGIA	19
	4.1EDÍFICIO	MODELO
	.....	19
	4.2PROJETO	ESTRUTURAL
	.....	21
	4.3ANÁLISE	E TRATAMENTO DE DADOS
	.....	23
5	ANÁLISE E DISCUSSÕES	25
	5.1ESTRUTURA	EM CONCRETO ARMADO
	.....	25
	5.1.1 QUANTITATIVOS	25
	5.1.2 ORÇAMENTO.....	26
	5.1.3 CRONOGRAMA	28
	5.1.4 CARREGAMENTO DAS FUNDAÇÕES.....	34
	5.2ESTRUTURA	MISTA DE AÇO E CONCRETO
	.....	34
	5.2.1 QUANTITATIVOS	34
	5.2.2 ORÇAMENTO.....	35
	5.2.3 CRONOGRAMA	37

5.2.4	CARREGAMENTO DAS FUNDAÇÕES.....	40
5.3	ANÁLISE	COMPARATIVA
	.....	41
5.3.1	ANÁLISE ECONÔMICA.....	41
5.3.2	ANÁLISE ESTRUTURAL.....	43
6	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICE A – PLANTAS ARQUITETÔNICAS	49
	APÊNDICE B – PLANTAS DE LOCAÇÃO E FORMA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO	52
	APÊNDICE C – ORÇAMENTO ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO	56
	APÊNDICE D – PLANTAS DE LOCAÇÃO E FORMA ESTRUTURA MISTA DE AÇO E CONCRETO	59
	APÊNDICE E – ORÇAMENTO ESTRUTURA MISTA DE AÇO E CONCRETO.....	63

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da existência da raça humana, a necessidade de mudança, em direção ao aprimoramento e melhoria, é inerente e perceptível em todas os âmbitos sociais, desde a forma como nos alimentamos até a nossa forma de moradia. De maneira análoga, a construção civil tem buscado melhorias constantemente, visando o avanço em suas metodologias construtivas, que passaram desde construções com pedras até as construções com concreto, e atualmente se encaminham para as construções industrializadas.

O concreto é o principal componente utilizado nas construções, sendo um elemento heterogêneo composto majoritariamente por cimento, água e agregados como pedra, areia, podendo ser acrescentado aditivos (COUTO et al., 2013). Tendo em vista que uma construção precisa garantir resistência aos esforços sujeitos e possuir boa durabilidade, surge o concreto armado como método construtivo que suprisse tal necessidade, de forma que o aço se comporta como armadura, auxiliando na resistência à tração dos elementos estruturais.

Ademais, é notório que atualmente a arquitetura das edificações, especialmente aquelas de alto padrão, requerem soluções estruturais modernas, que consigam vencer grandes vãos, possuam um nível de qualidade alto, um custo e tempo de execução otimizado. Portanto, diante das exigências impostas pelo mercado da construção civil, a busca por sistemas construtivos mais eficazes e industrializados torna-se necessária.

Dessa forma, a utilização da estrutura de aço na construção civil tende a ser uma metodologia que pode atender essas exigências da melhor forma, visto que esse tipo de estrutura possibilita realizar construções eficazes de alta qualidade, mais leves, arrojadas, modernas e em um curto espaço de tempo. Entretanto, é preciso compreender que, apesar das diversas vantagens que a estrutura de aço fornece à construção, deve ser feito um estudo de viabilidade econômica condizente com a realidade da edificação.

No que tange às vertentes históricas, a utilização do ferro na construção civil teve início a partir do século XVII, tendo como primeira obra importante construída a ponte sobre o rio Severn, localizada em Coalbrookdale, na Inglaterra, que conta com um vão simples de 30 metros, formada por arcos de ferro fundido. A partir desse

momento, foi difundido o uso do aço na construção de edificações de múltiplos andares, tendo a fábrica de chocolates de Noisiel-Sur-Name o primeiro edifício projetado devidamente em estrutura de aço, no qual antecipou alguns elementos estruturais da construção moderna.

De acordo com Guinzelli (2017), a utilização de estruturas de aço vem sendo cada vez mais utilizada no Brasil, devido a sua facilidade de construção e organização do canteiro de obras, possibilitando construções mais rápidas e com menor desperdício. Entretanto, sua utilização ainda é muito restrita em edificações industriais e comerciais, em busca do melhor aproveitamento do espaço com grandes vãos.

Além disso, um ponto importante a ser destacado é a utilização das estruturas mistas de aço e concreto, as quais visam o melhor uso das propriedades do concreto e do aço, de modo que a interação entre os dois materiais possa gerar eficiência tanto estrutural quanto econômica. Nesse tipo de construção, os perfis de aço trabalham em conjunto com o concreto empregado na edificação, de forma que ambos resistam aos esforços solicitantes.

Por fim, a metodologia construtiva que utiliza as estruturas mistas de aço e concreto ainda é pouco difundida no Brasil, mostrando que, mesmo diante das necessidades arquitetônicas atuais, o setor é enraizado na construção em concreto armado. Diante disso, Alva (2000) pontua que é necessário pesquisas e trabalhos que se adequem à realidade brasileira, buscando contribuir para a viabilidade técnica e econômica do sistema, que, apesar de ser consagrado em diversos países, ainda não se desenvolveu amplamente na construção civil nacional.

Ante o exposto, o presente trabalho tem por finalidade apresentar um estudo comparativo entre soluções construtivas em concreto armado e em estrutura mista de aço e concreto para uma edificação de múltiplo andares. Essa análise pôde ser feita através do desenvolvimento de dois projetos estruturais com ambos os métodos construtivos, visando avaliar as vantagens e desvantagens que as diferentes alternativas possam trazer e contribuir na difusão da utilização da estrutura de aço na construção civil nacional.

2 OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho estão classificados em geral e específicos e são descritos a seguir.

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é analisar, de forma comparativa, o uso de estruturas mistas de aço e concreto em relação as estruturas de concreto armado em edificações de múltiplos andares comerciais e residenciais de alto padrão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver dois projetos de uma mesma edificação de alto padrão em concreto armado e estrutura mista de aço e concreto.
- Analisar de custos entre ambas estruturas de acordo com a tabela SINAPI.
- Comparar a execução para as duas estruturas.
- Avaliar, de maneira comparativa, a viabilidade das duas metodologias construtivas.
- Analisar o comportamento das fundações para ambas metodologias de projeto.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

A estrutura de um edifício deve ter capacidade de suportar e conduzir ao solo, com segurança, as cargas verticais e horizontais nela atuantes, sem que os deslocamentos decorrentes desse carregamento ultrapassem os limites aceitáveis (OLIVEIRA, 2018).

Diante o exposto, a concepção estrutural de uma edificação inicia-se na definição do tipo de metodologia construtiva a ser utilizada, que pode ser em concreto armado, alvenaria estrutural, estrutura de aço, estrutura mista de aço e concreto, dentre outras. De modo que o tipo de estrutura a ser utilizada exerça a sua função de forma segura e coesa.

De acordo com Corrêa (1991), a seleção de um sistema estrutural apropriado para um edifício não é uma tarefa simples, devido à presença de vários fatores relevantes a serem avaliados. Entre eles, é necessário encontrar uma compatibilidade entre o sistema estrutural e as necessidades funcionais do edifício, selecionar os materiais adequados e dispor os elementos estruturais de maneira eficiente.

O resultado final da obra está diretamente relacionado ao sistema estrutural adotado, no que tange aos aspectos de peso da estrutura, da facilidade de fabricação, da rapidez de montagem e, conseqüentemente, do custo montante final da obra (BELLEI et al., 2008).

Em consideração a isso, a busca por materiais que levem a sistemas estruturais enxutos tornou-se um grande dilema do setor da construção civil. Lima (2017) expõe que o maior desafio da engenharia estrutural tem sido tornar as estruturas mais econômicas sem comprometer sua segurança e durabilidade. Para alcançar esse objetivo, uma abordagem comum tem sido a redução do peso e do consumo de materiais das estruturas.

3.2 ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

Os primórdios da construção civil iniciam com o emprego de materiais como a pedra natural, a madeira e, posteriormente, o ferro, os quais possuíam diferentes características relevantes em uma construção. Dentre esses, a pedra natural tornou-se o mais expressivo, dando origem ao material mais significativo na construção civil até os dias atuais, o concreto.

França (2004) definiu concreto como um material de construção heterogêneo que resulta da mistura de cimento, agregados graúdos e miúdos e água.

De acordo com o Pinheiro et al., (2010), o concreto é o material estrutural mais utilizado no mundo, com seu consumo na ordem de tonelada por habitante, e o segundo material mais consumindo pelo homem, perdendo apenas para a água. Isso mostra o quanto o concreto é expressivo no segmento da construção civil até os dias atuais, apesar dos diversos avanços tecnológicos no setor.

Conforme Mehta e Monteiro (2008) apontam, a principal razão para o amplo uso do concreto é a facilidade com que elementos estruturais de concreto podem ser executados, numa variedade de formas e tamanhos.

Ademais, o concreto é um material de alta resistência a compressão, o que o torna excelente para execução de elementos estruturais submetidos a cargas de compressão, como pilares. Entretanto, sua resistência a esforços solicitantes de tração é baixa, limitando sua utilização isolada em elementos estruturais submetidos à tração, tais como vigas e tirantes.

Ante o exposto, é mister salientar que dois fatores devem ser levados em consideração para que uma construção ofereça conforto e segurança: durabilidade e resistência. Diante disso, surge a necessidade de unir diferentes materiais para atingir níveis satisfatórios e seguros de durabilidade e resistência aos diversos esforços solicitantes, resultando, assim, no concreto armado.

O concreto armado pode ser definido como a combinação do concreto simples com um material resistente à tração envolvido pelo concreto, de forma que ambos trabalhem de forma conjunta resistindo aos esforços solicitantes. Portanto, os elementos de concreto armado são aqueles no qual o comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura (NBR 6118:2014).

De maneira complementar, Bastos (2006) pontua que o concreto armado surgiu da busca pela união das características do concreto (resistência à compressão e durabilidade) com as do aço (resistência mecânica), enquanto se aproveita a flexibilidade e a praticidade de assumir qualquer formato, bem como a capacidade de proteger o aço contra a corrosão.

Sendo assim, o concreto armado alia as qualidades do concreto (baixo custo, durabilidade, boa resistência à compressão, ao fogo e proteção contra corrosão), com as do aço (ductilidade e excelente resistência à tração) (BASTOS, 2019). Tal união possibilita a construção de elementos com diversas formas e volumes, de forma rápida e fácil, adequando-se a diferentes tipos de construções.

Por fim, é válido ressaltar que, o concreto armado, por se tratar de uma metodologia construtiva muito enraizada no Brasil, é visto, em muitas das vezes, como a única solução estrutural para uma construção. Tal enraizamento acaba refletindo no esquecimento de outras metodologias, tais como a estrutura de aço, que em alguns casos podem ser mais viáveis que a estrutura em concreto armado.

3.2.1 VANTAGENS

No que se refere aos benefícios proporcionados pelas estruturas em concreto armado, Pinheiro et al., (2010) pontuam que as principais vantagens dessas estruturas são:

- Resistência: o concreto armado apresenta boa resistência aos diversos tipos de solicitações.
- Adaptabilidade: o concreto é moldável, o que permite uma grande variabilidade de formas e de concepções arquitetônicas.
- Custo: devido a abundância dos materiais presentes no concreto, o seu custo material é menor comparado a outras metodologias construtivas.
- Mão de Obra: essa metodologia construtiva não exige mão de obra especializada, o que leva ao baixo custo de mão de obra.
- Durabilidade: o concreto é um elemento durável e exerce a função de proteger a armação contra corrosão.

3.2.2 DESVANTAGENS

De maneira complementar, é válido ressaltar que as estruturas em concreto armado apresentam algumas restrições que devem ser analisadas, tais como:

- **Peso próprio:** essas estruturas apresentam elevado peso próprio, o que resulta em fundações maiores e conseqüentemente mais caras.
- **Tempo de Execução:** o concreto necessita de um determinado tempo de cura, e esse processo acaba refletindo em cronogramas de obra mais extensos.
- **Canteiro de Obra:** essa metodologia construtiva, por ser moldada *in loco*, requer diversos materiais complementares, necessitando de canteiro de obras maiores e mais difíceis de serem organizados.
- **Consumo:** existe um consumo excessivo de materiais, que resulta na geração excessiva de entulho.

3.3 ESTRUTURAS DE AÇO

As estruturas de aço são caracterizadas pelo uso de metal para a formação do esqueleto estrutural de uma edificação, onde o aço é o principal metal utilizado. Nessa metodologia estrutural, as peças metálicas utilizadas são pré fabricadas, de forma que, em obra, tornam-se necessárias realizar apenas as ligações dessas peças, com conexões ou soldas.

Por definição, o aço é uma liga metálica composta principalmente de ferro e pequenas quantidade de carbono, com propriedades específicas.

“As propriedades mais importantes do aço são a sua alta resistência, quando comparada a outros materiais e a ductilidade, que é a capacidade de se deformar substancialmente antes da ruptura.” (BELLEI et al., 2008).

No que diz respeito ao âmbito histórico das estruturas de aço, foi a partir do século XIX, que o ferro passou a ser utilizado em escala industrial nos países mais desenvolvidos, o qual, por ser material nobre naquela época, tinha o uso limitado para fins militares. A partir desse momento, com o desenvolvimento da indústria siderúrgica e o aperfeiçoamento das técnicas de fabricação, as estruturas de aço se popularizaram nas construções comerciais e industriais.

Dentre as obras em aço mais relevantes no século XIX, a Torre Eiffel, projetada pelo arquiteto e engenheiro francês Gustave Eiffel, é uma das mais emblemáticas do mundo, sendo constituída por 4 pilares triangulares conectados por cerca de 2,5 milhões de rebites. Além disso, a partir do século XX, o uso de novos materiais e tecnologias fez com que as estruturas de aço evoluíssem e se tornassem cada vez mais populares na construção de edifícios comerciais, residenciais e de infraestrutura nos países industrializados.

Enquanto isso, no Brasil, foi a partir da década de 30, com o investimento na industrialização do país, que o setor siderúrgico se desenvolveu, voltado para atender o ramo industrial. De acordo com Ferraz (2003), um dos motivos para o tardio uso do aço no Brasil foram as altas temperaturas necessárias para sua fabricação, o que torna o processo de fabricação caro, e consequentemente dificulta a popularização e comercialização desse material.

Em 1945, foi fundada a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) com a finalidade de produzir chapas, trilhos e perfis metálicos. Entretanto, devido ao baixo consumo interno, boa parte dessa produção era exportada.

Sendo assim, para ajudar a difundir o uso do aço nas construções, a CSN criou em 1953 a Fábrica de Estruturas Metálicas (FEM), que foi desativada em 1998, com o intuito de formar mão de obra especializada e iniciar a produção do ciclo completo das Estruturas Metálicas (BELLEI et al., 2008).

A partir de tal cenário, conforme Bellei, et al., (2008) aponta, surgiram em todo país um grande número de fabricantes, projetistas, desenhistas e outros profissionais do ramo, fazendo com que o Brasil produzisse em torno de 500 toneladas de estrutura metálica ao ano, contudo totalmente voltado para o setor industrial.

Dessa forma, é perceptível que o uso das estruturas de aço passou a ser bem difundido nas construções de galpões comerciais, instalações industriais, coberturas de edificações, entre outros. Entretanto, Pereira e Sá e Dos Santos, 2014, apontam que, embora haja um potencial de crescimento significativo, o uso do material é ainda pouco comum em pontes e extremamente limitado em edifícios altos residenciais, comerciais e públicos.

Ainda assim, de acordo com Nakamura (2006), em um artigo publicado na revista AU - Arquitetura e Urbanismo da editora Pini, aproximadamente 70% dos edifícios com mais de quatro andares na Inglaterra foram construídos com estrutura de aço, enquanto no Brasil, essa porcentagem não ultrapassava 5%.

Ademais, nos últimos anos, é notório que a indústria de estruturas de aço no Brasil tem crescido rapidamente, acompanhando o ritmo da construção civil e da infraestrutura do país. Isso se deve as diversas vantagens que esse tipo de estrutura oferece, como alta resistência, durabilidade, facilidade de montagem e versatilidade de design. Além disso, as estruturas de aço são leves e podem ser fabricadas com precisão, o que permite a criação de formas complexas e inovadoras.

Outrossim, Pinho e Penna (2008) afirmam que, no aspecto econômico, em alguns casos o custo das estruturas de aço é maior comparada a de outros sistemas, entretanto, os produtos industrializados, como as estruturas de aço, são concebidos no intuito de trazer diversas vantagens para o conjunto da obra, as quais podem reverter o custo final.

Por fim, no quesito arquitetônico, é explícito que as edificações atuais apresentam grande complexidade arquitetônica, incorporando soluções criativas para atender às demandas de um mundo moderno. Diante disso, a utilização de materiais inovadores, como o aço, permite a construção de edificações mais altas e imponentes. O surgimento de uma nova arquitetura em aço brasileira também fica evidente na qualidade das obras, que, muitas vezes, nos surpreende com tanta beleza e exuberância. (PEREIRA E SÁ; DOS SANTOS, 2014).

3.3.1 PROPRIEDADES MECÂNICAS

Conforme explicitado anteriormente, o aço é composto fundamentalmente por ferro e carbono, podendo apresentar alguns elementos químicos em pequenas quantidades. O aço utilizado nas estruturas metálicas é classificado de acordo com sua composição química, sendo dividido em dois tipos: aços carbono e aços de baixa liga.

- a. Aços – Carbono: esse tipo de aço possui um teor de carbono na sua composição entre 0,15% e 0,29%, além disso possui resistência ao escoamento máximo de 300 MPa.
- b. Aços de Baixa Liga: também conhecido como aços de alta resistência,

apresentam um teor de carbono entre 0,05% e 0,25% e uma resistência ao escoamento entre 275 MPa e 450 MPa. Nesse tipo de aço são acrescentados alguns elementos químicos, com o intuito de melhorar suas propriedades mecânicas.

3.3.2 VANTAGENS

De acordo com Fakury (2016, p.4), “o aço como material estrutural apresenta algumas principais vantagens, seja em elementos puramente de aço, ou naqueles mistos de aço e concreto, sendo essas:

- Elevada resistência: o aço é o material que possui maior índice de resistência e por esse motivo os elementos estruturais de aço têm seção transversal com dimensões menores que os de outros materiais.
- Elevada ductilidade: os aços estruturais possuem alta ductilidade, o que faz que sejam resistentes a impactos e, em pontos de alta concentração de tensões, que estas se redistribuam pelo elemento.
- Alto grau de confiança: o aço é um material homogêneo e isotrópico, com características bem definidas, e isso reflete em um menor coeficiente de segurança empregado no cálculo estrutural comparado ao concreto.
- Canteiro de obra mais enxuto: em uma construção com elementos estruturais de aço, a dispensa de escoramento e fôrmas e a ausência de manuseio de materiais diferentes reduzem a área necessária ao canteiro de obras.
- Facilidade de reforço e ampliação: a obra executada com perfis de aço pode ser facilmente reforçada ou ampliada em caso de necessidade.
- Reciclagem e reaproveitamento: os elementos estruturais ou qualquer produto de aço, ao final da vida útil, ou simplesmente quando, por qualquer razão, perdem sua finalidade, são transformados em sucata, que, por sua vez, pode ser empregada na fabricação de novos produtos siderúrgicos.
- Rapidez de execução: como a estrutura metálica é composta de peças pré-fabricadas, com dimensões precisas, a montagem é executada com

grande rapidez, sem ser afetadas por chuvas, e isso permite a conclusão da obra em prazo menor, comparada com estruturas de concreto.

De maneira complementar, é importante salientar que, além das vantagens expostas acima, devido a uma estrutura de aço ser mais leve comparada a estrutura de concreto armado, sua fundação recebe uma menor carga, o que reduz significativamente as seções das fundações utilizadas na edificação e, consequentemente, o seu custo.

3.3.3 DESVANTAGENS

Por conseguinte, é mister pontuar algumas desvantagens que as estruturas em aço trazem, quando comparadas a outras metodologias estruturais, tais como:

- Mão de Obra: as estruturas de aço exigem uma mão de obra especializada, o que resulta em um custo maior quando comparada a estrutura em concreto armado.
- Corrosão: as estruturas de aço necessitam de tratamento superficial específico para evitar a oxidação, tendo em vista que as peças ficam em contato com o ar atmosférico.
- Custo: o custo de material e execução de obras em estrutura de aço são mais caras, quando comparadas a estrutura em concreto armado.
- Limitação de mercado: Em algumas regiões é difícil encontrar perfis e tipos de aço específicos, o que torna seu uso limitado de acordo com o mercado da região.

3.4 ESTRUTURA MISTA DE AÇO E CONCRETO

O sistema estrutural misto de aço e concreto é resultado da associação entre o aço e o concreto, tendo como objetivo o trabalho conjunto dos materiais envolvidos, para resistir aos esforços solicitantes na edificação. “Essas estruturas trazem novas aplicações tanto para o aço quanto para o concreto com a exploração das melhores características de cada material e, conseqüentemente, vantagens importantes para a construção civil” (MACHADO, 2012).

As estruturas mistas de aço e concreto proporcionam condições necessárias para que ambos os materiais apresentem seu melhor desempenho. Pereira e Sá e Dos Santos (2014) comentam que o uso de peças mistas em aço e concreto propicia um aumento da resistência à compressão do perfil metálico e o melhor desempenho à tração do concreto, de forma que se torna possível diminuir as dimensões dos elementos estruturais e o consumo dos dois materiais.

Ainda assim, segundo Oliveira (2018), devido ao aço possuir maior índice de resistência, os elementos estruturais de aço possuem uma seção transversal mais esbelta e quando aliado ao concreto nas estruturas mistas, o perfil metálico adquire dimensões externas ainda menores.

Fakury (2016) comenta que os elementos mistos são projetados de forma a garantir que as partes de concreto sejam predominantemente submetidas à compressão, enquanto o aço assume predominantemente a tração. Isso é especialmente válido para os pilares mistos, a fim de evitar problemas relacionados à instabilidade.

De maneira complementar, Alva (2000) ressalva que, quando comparada ao uso corrente do concreto armado, a construção mista de aço e concreto é uma alternativa viável para estruturas com vãos médios e elevados, graças à sua rapidez de construção e à significativa redução do peso total da estrutura, resultando em fundações mais econômicas.

No que tange à construção mista no Brasil, as mesmas surgiram entre os anos de 1950 e 1960, porém de forma restrita a alguns edifícios e pequenas pontes. De acordo com Malite (1993), durante as décadas de 70 e início de 80, o uso do sistema misto no Brasil estagnou, resultando em estruturas de edifícios e pontes construídas apenas com concreto armado e protendido, mesmo quando não eram as soluções

mais economicamente viáveis.

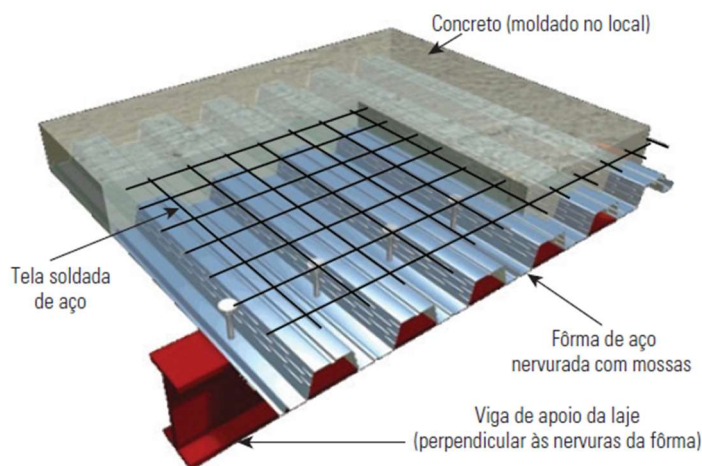
Outrossim, as necessidades arquitetônicas e construtivas atuais fizeram com que as estruturas mistas de aço e concreto voltassem a ser soluções usuais para as edificações. “Hoje, vigas e treliças mistas com conectores de cisalhamento e lajes com fôrmas incorporadas são intensamente usadas em edifícios de múltiplos pavimentos” (ALVA, 2000).

3.4.1 LAJES MISTAS

As lajes mistas são estruturas compostas por uma fôrma de aço nervurada e uma camada de concreto moldado *in loco*, agindo conjuntamente para resistir aos esforços solicitantes.

Machado (2012) diz que a utilização de lajes com fôrma de aço incorporada é uma opção muito atraente, pois possibilita a otimização do processo construtivo. Por esse motivo, elas têm sido empregadas com sucesso em uma variedade de estruturas, incluindo edifícios industriais e urbanos, pontes, viadutos e diversas outras obras.

Figura 1 – Laje mista de aço e concreto.



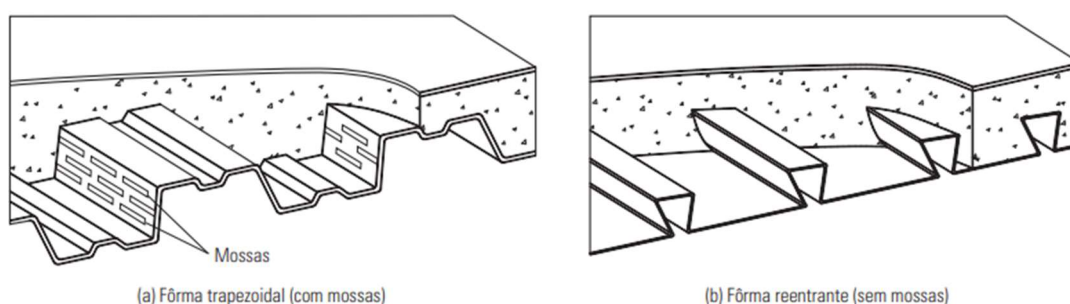
Fonte: Metform, 2019.

Fakury (2016) aponta que, antes do concreto atingir 75% da resistência mínima à compressão, as fôrmas de aço devem ser capazes de suportar as cargas durante a construção das lajes mistas. Enquanto, após a cura do concreto, a fôrma de aço e o concreto combinam-se estruturalmente, formando assim o sistema misto, de modo que a fôrma trabalha como armadura positiva da laje.

A interação entre a fôrma de aço e concreto é garantida por mossas ou

reentrâncias presentes nas fôrmas, tendo em vista que apenas a aderência natural entre o concreto e aço não é suficiente para assegurar o trabalho conjunto dos dois elementos. Dessa forma, as fôrmas podem ser trapezoidais (figura 2.a) ou reentrantes (figura 2.b), “[...] as fôrmas trapezoidais precisam possuir mossas e nas fôrmas reentrantes a ligação é fornecida pelo atrito ente o aço e o concreto” (FAKURY, 2016).

Figura 2 – Tipos de fôrmas.



Fonte: Fakury, 2016.

De acordo com Alva (2000) o emprego de lajes mistas em edificações no Brasil é relativamente recente e tem experimentado um aumento significativo, enquanto na Europa e nos Estados Unidos, esse sistema é muito comum em construções de edifícios e pontes.

Esse tipo de laje possibilita algumas vantagens construtivas, tais como: a redução e até eliminação do escoramento, redução de armadura, tendo em vista que a fôrma funciona como armadura positiva para a laje, maior facilidade de instalação e rapidez construtiva.

Quanto ao dimensionamento das lajes mistas, devem ser consideradas duas situações: a fase inicial, na qual a fôrma de aço deve ser capaz de suportar, de forma isolada, as cargas atuantes durante a construção, e a fase final, na qual a fôrma trabalha em conjunto com o concreto

A NBR 8800:2008 fornece diretrizes para o cálculo das lajes mistas de aço e concreto, porém, estas estão baseadas em constantes empíricas. Dessa forma, se torna comum a utilização de tabelas de dimensionamento, fornecidas pelos fabricantes das fôrmas, as quais são desenvolvidas a partir dos procedimentos da norma referida.

De acordo com essas tabelas é possível, com base na sobrecarga característica,

na carga sobreposta máxima e no vão da laje, a altura da laje e espessura da fôrma a ser utilizada. Além disso, é possível obter a especificação da tela utilizada como armadura à face superior do concreto, a qual é utilizada para evitar fissuras ocasionadas por retração ou variação térmica.

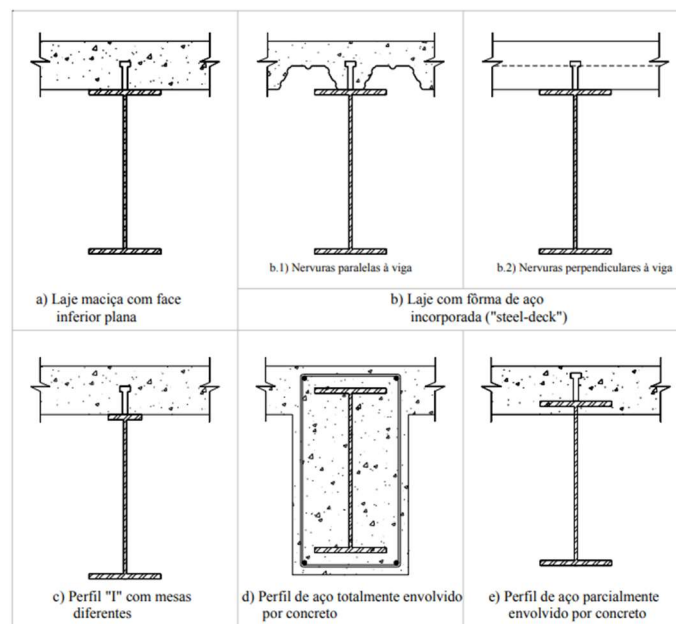
3.4.2 VIGAS MISTAS

As vigas mistas são estruturas compostas por uma viga de aço ligada a uma laje de concreto, de forma que os dois elementos estruturais trabalhem em conjunto, resistindo aos esforços solicitantes associadamente.

A ligação da viga de aço com a laje de concreto é feita através de conectores de cisalhamento, os quais garantem o comportamento conjunto dos elementos. Esses conectores são soldados a mesa superior da viga metálica e ligados a laje que pode ser moldada *in loco*, com fôrma de aço incorporada, ou pré-moldada.

Dentre os tipos mais utilizados de viga mista têm-se, conforme figura 3: viga de aço ligada a laje maciça (figura 3.a), viga de aço ligada a laje com fôrma de aço incorporada (figura 3.b), perfil metálico I com mesas diferentes ligada a laje de concreto (figura 3.c), viga de aço completamente envolvida por concreto (figura 3.d) e viga de aço parcialmente embutida no concreto (figura 3.e).

Figura 3 – Principais tipos de vigas mistas.



Fonte: Fabrizzi, 2007.

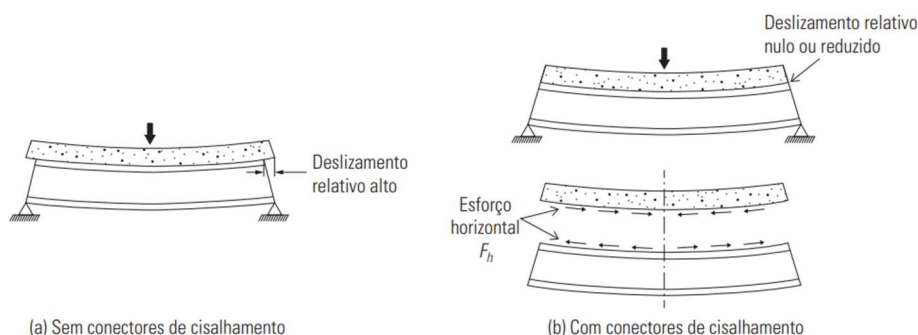
Ademais, Alva (2000) explicita que a interação da viga de aço com a laje de

concreto garante um acréscimo de resistência e rigidez a estrutura, de tal forma que possibilita uma redução da altura do perfil de aço utilizado e consequentemente uma maior economia de material.

No que se refere ao dimensionamento das vigas mistas, é necessário definir qual o tipo de interação entre a viga de aço e a laje de concreto, a qual pode ser interação total ou parcial.

De acordo com Fakury (2016), com a ausência dos conectores de cisalhamento, a viga de aço e a laje de concreto flexionam de forma independente ao receberem as cargas atuantes, o que resulta em deslocamento relativo na superfície de contato entre os elementos conforme a figura 4.a. Ao se utilizar conectores, um esforço horizontal F_h é gerado, o qual impede ou significativamente reduz o deslocamento relativo os dois elementos, conforme a figura 4.b.

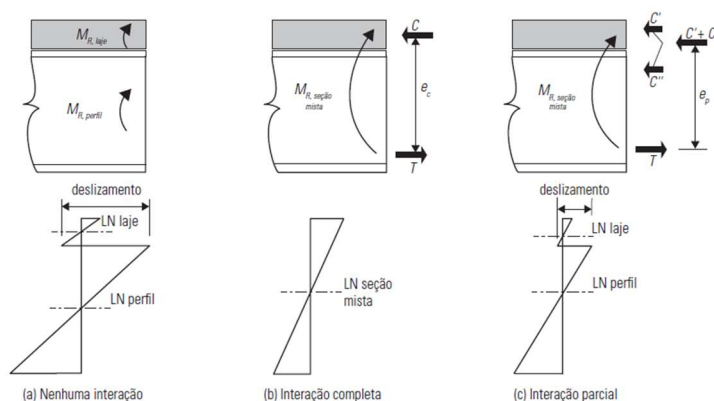
Figura 4 – Comportamento mecânico das vigas à flexão.



Fonte: Fakury, 2016.

Na interação completa considera-se uma ligação perfeita entre a viga de aço e a laje de concreto, de forma que, como não existe deslizamento entre a viga e laje, ocorra a formação de uma única linha neutra. Já na interação parcial, ocorre a formação de duas linhas neutras, entretanto com deslizamento menor comparado a uma viga de aço isolada. A figura 5 representa os tipos de interações e os seus respectivos comportamentos de deformação.

Figura 5 – Variação da deformação conforme o tipo de interação entre o aço e o concreto.



Fonte: Fakury, 2016.

Outrossim, é mister salientar que o tipo de interação da viga mista está diretamente associado ao número de conectores de cisalhamento utilizados na ligação. Ou seja, para ocorrer uma interação total, o número de conectores deve ser suficiente para resistir ao esforço horizontal de cálculo. Enquanto isso, na interação parcial o número de conectores é reduzido para resistir a uma determinada porcentagem (%) do esforço horizontal, de forma que não ocorra reduções significativas do momento resistente da seção mista.

“Para dimensionamento das vigas mistas, é feita uma analogia com uma viga “T” em concreto armado. Porém, é necessário considerar as diferenças entre os dois materiais (aço e concreto) em relação à resistência e deformabilidade” (FABRIZZI, 2007).

Conforme dito anteriormente, a utilização das vigas mistas em uma edificação gera uma economia de materiais, e um dos fatores relevantes para essa economia é o tipo de interação utilizada na viga mista.

Em concordância com o exposto, segundo Fakury (2016), as vigas mistas com interação parcial são geralmente mais baratas, tendo em vista que essa interação permite reduzir o número de conectores sem comprometer significativamente a resistência aos esforços em comparação à interação completa.

De modo complementar, de acordo com Machado (2012) “[..] algumas das

causas que levam a maioria das vigas mistas serem calculadas utilizando interação parcial são:

- a redução da resistência à flexão devido à interação parcial é menor do que a redução do número de conectores, ou seja, uma redução de 50% no número de conectores, por exemplo, reduz a resistência por volta de 20%;
- sistemas construtivos não escorados, a bitola de aço necessária para resistir às cargas antes da cura do concreto, normalmente, não precisa da interação completa para resistir o carregamento como seção mista, exceto em casos de sobrecarga muito elevada.”

4 METODOLOGIA

O presente trabalho trata do estudo de caso de um projeto de edificação de alto padrão, com intuito de dimensionar a mesma através de dois métodos estruturais: estrutura em concreto armado e estrutura mista de aço e concreto. Com base nos dimensionamentos, realizar um estudo comparativo de viabilidade nos âmbitos de custos, tempo de execução e influência no carregamento das fundações destas estruturas.

Ademais, o método de pesquisa adotado foi o exploratório, sendo o ponto de início de uma pesquisa científica, no qual busca-se informações e dados que contribuam para a construção do pensamento abordado no trabalho.

A metodologia de pesquisa aplicada neste estudo foi quali-quantitativa, ou seja, o trabalho envolveu a análise argumentativa dos resultados obtidos, assim como a validação dos dados brutos por meio de tabelas e gráficos. Dessa forma, o trabalho em estudo foi dividido em três partes: revisão bibliográfica, modelagem e dimensionamento estrutural e tabulação e comparação de dados.

Em relação a revisão bibliográfica, nessa etapa foi realizada pesquisas referentes ao tema abordado no trabalho, objetivando obter informações complementares e fundamentar os resultados obtidos ao longo desta pesquisa. Nesse aspecto, foi analisado comparativamente as vantagens e desvantagens entre ambas as estruturas, a fim de gerar uma comparação custo benefício.

4.1 EDÍFICIO MODELO

O projeto arquitetônico escolhido para o desenvolvimento desse trabalho levou em consideração as necessidades e padrões arquitetônicos adotados nas edificações atuais, as quais são caracterizadas por grandes vãos, balanços e design futurista e arrojado.

A edificação em questão, ilustrada na figura 6, trata de um edifício de uso misto - comercial / residencial de alto padrão formado por 5 pavimentos, o primeiro com pé direito de 5,94 metros e os demais com 3,20 metros, totalizando uma altura de edificação de 22,24 metros e 1101,39 m² de área construída. Para melhor entendimento da arquitetura em questão, as plantas baixas e cortes referentes a edificação podem ser vistas no Apêndice A.

A Tabela 1 apresenta a área de cada pavimento, sendo importante para a determinação do custo/m² de cada pavimento posteriormente.

Tabela 1 - Área total dos pavimentos.

Pavimento	Área (m ²)
Térreo	309,01
2º Pavimento	249,79
3º Pavimento	170,59
4º Pavimento	170,59
5º Pavimento	170,59
Pavimento Cobertura	30,82

Fonte: Autor, 2023.

Figura 6 – Fachada lateral do edifício de estudo.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 7 – Modelo 3D do edifício de estudo.

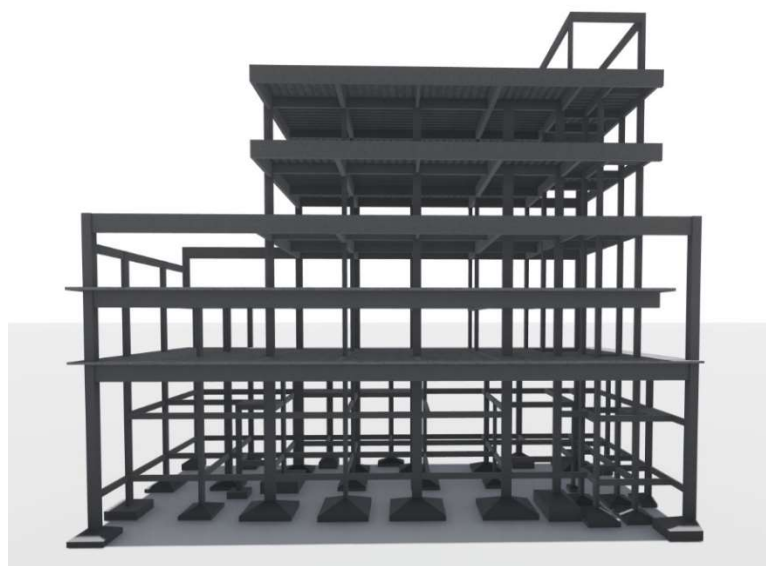


Fonte: Autor, 2023.

4.2 PROJETO ESTRUTURAL

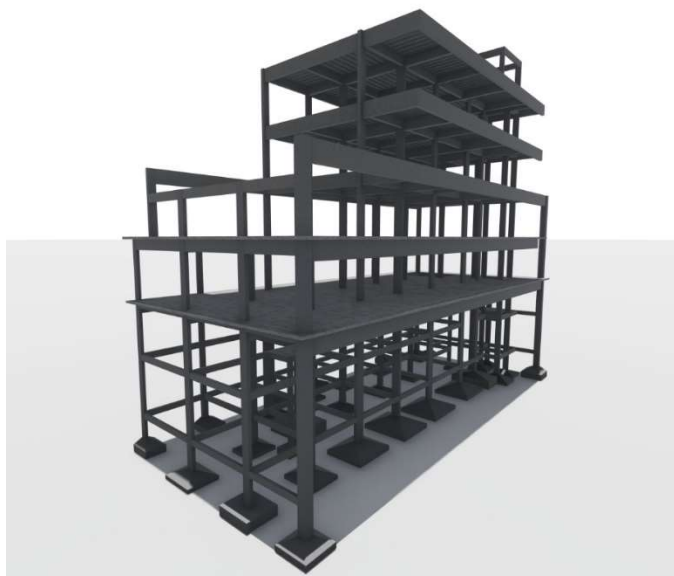
No que tange às modelagens estruturais desenvolvidas nessa pesquisa, o projeto da edificação em concreto armado foi modelado e dimensionado no *software* Eberick, da empresa AltoQi, tendo como base a norma brasileira de concreto armado, a NBR 6118:2014. Nesse sistema todos os elementos de função estrutural são de concreto armado com modelo apresentado nas figuras 8 e 9.

Figura 8 – Fachada lateral da estrutura em concreto armado.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 9 – Modelo 3D da estrutura em concreto armado.



Fonte: Autor, 2023.

Ademais, para a estrutura mista foi utilizado o *software* CypeCad para modelagem e dimensionamento estrutural, tendo como base a norma brasileira de aço, a NBR 8800:2008 e a NBR 6118:2014.

O sistema estrutural misto de aço e concreto adotado é composto por lajes mistas com fôrmas de aço incorporadas ao concreto, conhecidas como lajes *Steel Deck*, vigas mistas de aço e concreto com interação parcial de 70% e pilares de aço isolados.

Figura 10 – Perspectiva da estrutura mista de aço e concreto.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 11 – Modelo 3D da estrutura mista de aço e concreto.



Fonte: Autor, 2023.

É válido ressaltar que para ambos os projetos desenvolvidos foram utilizadas as mesmas sobrecargas, com base na NBR 6120:2019, tendo em vista o objetivo comparativo de ambas as estruturas desse trabalho.

No que se refere aos materiais utilizados nos projetos estruturais desenvolvidos, foram adotadas as seguintes propriedades físicas:

- Resistência Característica à Compressão do Concreto = 30 MPa
- Classe de Agressividade Ambiental = II (Moderada)
- Perfis de Aço ASTM A572 grau 50
- Fôrma Incorporada de Aço ASTM A653 grau 40
- Armadura CA-50 e CA-60

4.3 ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS

Posterior ao dimensionamento de ambas as estruturas, foi realizado o levantamento de materiais relevantes a execução destas, e em seguida, desenvolvida uma planilha orçamentária no Excel, usando a base de composições de custos da tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (SINAPI) analítica não desonerada 12/2022.

Além disso, foi desenvolvido um cronograma de execução para ambas as estruturas, por meio do *software* Project Libre, tomando como base para os cálculos de duração das atividades a equação do livro Planejamento e Controle de Obras de Aldo Dórea, expressa abaixo.

$$Duração = \frac{Quantidade \times índice}{Quantidade de recurso \times Jornada} \quad (1)$$

Na equação 1 a variável quantidade refere-se ao material a ser utilizado na execução do serviço, dessa forma para armação sua unidade é kg e para concretagem m³. Além disso, os índices utilizados para o cálculo de duração são referentes aos coeficientes dos serviços disponíveis na tabela SINAPI e elencados no orçamento.

Para o cálculo de duração de serviços foi adotado uma jornada de trabalho de 8 horas / dia e um quantitativo de quatro funcionários por serviço. Dessa forma, a equação 1 pôde ser resumida na equação 2, apresentando abaixo:

$$Duração = 0,03125 \times Quantidade \times índice \quad (2)$$

Por fim, com a conclusão da tabulação, foi feita uma análise gráfica com os dados de custo e tempo execução de ambas as estruturas, com a finalidade de poder analisar e comparar de forma mais clara e objetiva os dados obtidos nesta pesquisa.

De maneira complementar, no âmbito estrutural, foi feita uma análise comparativa entre as cargas nas fundações de ambas as estruturas, com intuito de obter o máximo de informações necessárias para chegar em uma comparação realista entre as edificações.

5 ANÁLISE E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir do dimensionamento da estrutura em concreto armado da edificação de estudo, assim como o levantamento de quantitativos, custos de mão de obra e material, cronograma de execução e o carregamento nas fundações. Em sequência, serão apresentados os resultados do dimensionamento em estrutura mista de aço e concreto da mesma edificação, bem como seus quantitativos e custos de mão de obra e material, além do cronograma de execução e o carregamento nas fundações. Por fim, é apresentada uma análise comparativa entre os dados obtidos a partir dos dois tópicos anteriores deste capítulo, de forma a conduzir ao objetivo principal desse estudo. Ademais, é mister salientar que, sabendo que o fechamento de ambas as estruturas será realizado com alvenaria, tornou-se dispensável o orçamento desta etapa, tendo em vista o consumo muito próximo entre ambas.

5.1 ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

No que se refere a estrutura em concreto armado, no Apêndice B, visando uma melhor compreensão do presente estudo, é possível observar as plantas de locação, bem como as plantas de forma de cada pavimento e os cortes gerados.

Ademais, é válido mencionar que a arquitetura da edificação proporcionou alguns desafios ao projeto estrutural, por contar com grandes vãos e um desalinhamento do pavimento térreo em relação aos demais pavimentos.

Ante o exposto, no projeto estrutural foi preciso adotar algumas soluções que tornaram a estrutura mais robusta, tal como vigas de transição que foram utilizadas devido ao desalinhamento da edificação, vigas com alturas relativamente grandes para suportar os extensos vãos e a utilização de contra fechas para garantir os deslocamentos aceitáveis nas vigas, conforme a NBR 6118:2018.

5.1.1 QUANTITATIVOS

A partir do dimensionamento no *software* Eberick foi possível obter a relação de quantitativos de materiais referentes a execução da estrutura da edificação em concreto armado, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Relação de materiais da estrutura em concreto armado.

Pavimento	Peso do aço (kg)	Volume de concreto (m³)	Consumo de aço (kg/m³)
Fundação	3.998,10	56,90	70,10
Térreo	5.961,80	71,00	84,00
2º Pavimento	3.403,00	47,40	71,80
3º Pavimento	1.878,40	32,20	58,30
4º Pavimento	1.563,30	29,00	53,90
5º Pavimento	1.559,30	30,40	51,30
Pavimento Cobertura	223,30	2,94	75,95

Fonte: Autor, 2023.

5.1.2 ORÇAMENTO

Tendo a relação dos materiais a serem utilizados na estrutura, foi possível determinar o custo por pavimento, dividindo-o em custo de material, custo de mão de obra e custo total, conforme apresentado nas Tabela 3 a Tabela 9.

De maneira a facilitar a compreensão da orçamentação executada, no Apêndice C é apresentada a tabela orçamentária com os todos serviços e parâmetros, bem como seus respectivos códigos da tabela SINAPI.

Outrossim, para a orçamentação foi utilizada a tabela SINAPI analítica não desonerada 12/2022 e não foi levado em consideração os custos do BDI, por se tratar de um estudo com fim comparativo.

Tabela 3 - Orçamento Fundação.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Sapata	R\$ 39.689,69	R\$ 7.405,31	R\$ 47.095,00
Arranque	R\$ 17.268,99	R\$ 4.425,71	R\$ 21.694,69
Viga Baldrame	R\$ 21.377,09	R\$ 10.057,83	R\$ 31.434,91

Fonte: Autor, 2023

Tabela 4 - Orçamento Pavimento Térreo.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Pilar	R\$ 37.757,41	R\$ 13.957,21	R\$ 51.714,62
Viga	R\$ 60.575,46	R\$ 32.849,23	R\$ 93.424,69
Laje	R\$ 30.286,43	R\$ 953,07	R\$ 31.239,50

Fonte: Autor, 2023

Tabela 5 - Orçamento 2º Pavimento.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Pilar	R\$ 14.000,55	R\$ 5.927,55	R\$ 19.928,10
Viga	R\$ 34.602,85	R\$ 19.081,86	R\$ 53.684,71
Laje	R\$ 32.404,34	R\$ 1.609,44	R\$ 34.013,78

Fonte: Autor, 2023

Tabela 6 - Orçamento 3º Pavimento.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Pilar	R\$ 10.800,07	R\$ 4.867,15	R\$ 15.667,23
Viga	R\$ 26.126,26	R\$ 16.800,77	R\$ 42.927,03
Laje	R\$ 14.699,11	R\$ 639,18	R\$ 15.338,28

Fonte: Autor, 2023

Tabela 7 - Orçamento 4º Pavimento.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Pilar	R\$ 7.983,12	R\$ 3.841,49	R\$ 11.824,61
Viga	R\$ 22.884,99	R\$ 13.889,62	R\$ 36.774,61
Laje	R\$ 14.616,93	R\$ 634,41	R\$ 15.251,34

Fonte: Autor, 2023

Tabela 8 - Orçamento 5º Pavimento.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Pilar	R\$ 6.077,33	R\$ 3.168,84	R\$ 9.246,16
Viga	R\$ 24.144,54	R\$ 14.258,45	R\$ 38.402,98
Laje	R\$ 14.496,89	R\$ 507,68	R\$ 16.923,50

Fonte: Autor, 2023

Tabela 9 - Orçamento Pavimento Cobertura.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Pilar	R\$ 3.198,54	R\$ 1.492,02	R\$ 4.690,56
Viga	R\$ 1.595,37	R\$ 1.579,35	R\$ 3.174,72

Fonte: Autor, 2023

Com base nesses dados, foi possível determinar o orçamento total de cada pavimento, assim como o custo/m², conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Orçamento geral.

Pavimento	Material	Mão de Obra	Total	Custo/m²
Fundação	R\$ 78.335,76	R\$ 21.888,84	R\$ 100.224,60	-
Térreo	R\$ 128.619,30	R\$ 47.759,51	R\$ 176.378,81	R\$ 570,79
2º Pavimento	R\$ 81.007,74	R\$ 26.618,85	R\$ 107.626,59	R\$ 430,87
3º Pavimento	R\$ 51.625,44	R\$ 22.307,10	R\$ 73.932,54	R\$ 433,39
4º Pavimento	R\$ 45.485,04	R\$ 18.365,52	R\$ 63.850,56	R\$ 374,29
5º Pavimento	R\$ 44.718,75	R\$ 17.934,97	R\$ 62.653,72	R\$ 367,28
Cobertura	R\$ 4.793,90	R\$ 3.071,37	R\$ 7.865,27	R\$ 255,20
TOTAL	R\$ 434.585,93	R\$ 157.946,15	R\$ 592.532,08	R\$ 537,99

Fonte: Autor, 2023

Conforme apresentado na Tabela 10, o custo total da estrutura de concreto armado é de R\$ 592.532,08.

5.1.3 CRONOGRAMA

Ademais, para executar o cronograma de execução da estrutura em concreto armado, foi utilizada a equação 2 descrita por Aldo Dórea em seu livro Planejamento e Controle de Obra. Sendo assim, nas Tabelas 11 a 17 está expressa a duração de cada serviço por pavimento.

Tabela 11 - Duração Atividades: pavimento fundação.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Armação Sapata CA50 ø 8.00 mm	82,10	0,1155	0,30
Armação Sapata CA 50 ø 10.00 mm	850,00	0,0890	2,40
Armação Sapata CA 50 ø 12.50 mm	1.776,00	0,0680	3,80
Armação Sapata CA 60 ø 5.00 mm	201,10	0,1945	1,30
Concretagem Sapata	48,60	0,7400	1,20
Armação Viga CA50 ø 6.30 mm	20,50	0,1510	0,10
Armação Viga CA50 ø 8.00 mm	100,70	0,1155	0,40
Armação Viga CA50 ø 10.00 mm	326,00	0,0890	1,00
Armação Viga CA50 ø 12.50 mm	468,30	0,0680	1,00
Armação Viga CA60 ø 5.00 mm	163,40	0,1945	1,00
Montagem Forma Viga Baldrame	134,30	1,7490	7,00
Concretagem Viga Baldrame	8,30	2,4500	1,00

Fonte: Autor, 2023

Tabela 12 - Duração Atividades: pavimento térreo.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Armação Pilar CA50 ø 10.00 mm	414,20	0,0392	0,50
Armação Pilar CA 50 ø 12.50 mm	1495,80	0,0257	1,20
Armação Pilar CA 60 ø 5.00 mm	430,60	0,1069	1,50
Montagem Forma Pilar	229,90	0,6610	4,80
Concretagem Pilar	15,40	1,9633	1,00
Armação Viga CA50 ø 6.30 mm	253,30	0,079	0,70
Armação Viga CA50 ø 8.00 mm	693,70	0,0561	1,30
Armação Viga CA50 ø 10.00 mm	381,90	0,0392	0,50
Armação Viga CA50 ø 12.50 mm	1527,20	0,0257	1,30
Armação Viga CA60 ø 5.00 mm	505,90	0,1069	1,70
Montagem Forma Viga	391,80	0,5960	7,50
Concretagem Viga	36,40	1,9633	2,50
Armação Laje CA50 ø 6.30 mm	59,10	0,0597	0,20
Armação Laje CA50 ø 8.00 mm	0,40	0,0403	0,10
Armação Laje CA50 ø 10.00 mm	140,50	0,0259	0,20
Armação Laje CA60 ø 5.00 mm	59,10	0,0836	0,20
Montagem de Laje	19,20	0,27	0,20
Concretagem Laje	19,20	0,5050	0,50

Fonte: Autor, 2023

Tabela 13 - Duração Atividades: 2º pavimento.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Armação Pilar CA50 ø 10.00 mm	153,60	0,0392	0,20
Armação Pilar CA 50 ø 12.50 mm	457,50	0,0257	0,50
Armação Pilar CA 60 ø 5.00 mm	178,60	0,1069	0,60
Montagem Forma Pilar	100,90	0,661	2,10
Concretagem Pilar	6,90	1,9633	0,50
Armação Viga CA50 ø 6.30 mm	263,30	0,079	0,70
Armação Viga CA50 ø 8.00 mm	268,20	0,0561	0,50
Armação Viga CA50 ø 10.00 mm	219,10	0,0392	0,30

Armação Viga CA50 ø 12.50 mm	812,10	0,0257	0,70
Armação Viga CA60 ø 5.00 mm	275,00	0,1069	1,00
Montagem Forma Viga	226,80	0,596	4,30
Concretagem Viga	22,80	1,9633	1,50
Armação Laje CA50 ø 6.30 mm	69,10	0,0597	0,20
Armação Laje CA50 ø 8.00 mm	196,90	0,0403	0,30
Armação Laje CA50 ø 10.00 mm	23,30	0,0259	0,10
Armação Laje CA50 ø 12.50 mm	421,50	0,0143	0,20
Armação Laje CA60 ø 5.00 mm	64,70	0,0836	0,20
Montagem de Laje	17,75	0,27	0,20
Concretagem Laje	17,75	0,505	0,50

Fonte: Autor, 2023

Tabela 14 - Duração Atividades: 3º pavimento.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Armação Pilar CA50 ø 10.00 mm	122,50	0,0392	0,20
Armação Pilar CA 50 ø 12.50 mm	296,00	0,0257	0,30
Armação Pilar CA 60 ø 5.00 mm	157,40	0,1069	0,50
Montagem Forma Pilar	88,30	0,661	1,90
Concretagem Pilar	5,80	1,9633	0,50
Armação Viga CA50 ø 6.30 mm	219,80	0,079	0,60
Armação Viga CA50 ø 8.00 mm	304,30	0,0561	0,60
Armação Viga CA50 ø 10.00 mm	284,90	0,0392	0,40
Armação Viga CA50 ø 12.50 mm	272,10	0,0257	0,30
Armação Viga CA60 ø 5.00 mm	221,40	0,1069	0,80
Montagem Forma Viga	205,80	0,596	3,90
Concretagem Viga	17,40	1,9633	1,00
Armação Laje CA50 ø 8.00 mm	87,80	0,0403	0,20
Armação Laje CA50 ø 10.00 mm	50,90	0,0259	0,10
Armação Laje CA60 ø 5.00 mm	30,20	0,0836	0,10
Montagem de Laje	9,00	0,2700	0,10
Concretagem Laje	9,00	0,5050	0,30

Fonte: Autor, 2023

Tabela 15 - Duração Atividades: 4º pavimento.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Armação Pilar CA50 ø 10.00 mm	105,50	0,0392	0,20
Armação Pilar CA 50 ø 12.50 mm	205,20	0,0257	0,20
Armação Pilar CA 60 ø 5.00 mm	101,50	0,1069	0,40
Montagem Forma Pilar	67,90	0,6610	1,50
Concretagem Pilar	4,40	1,9633	0,50
Armação Viga CA50 ø 6.30 mm	179,40	0,0790	0,50
Armação Viga CA50 ø 8.00 mm	192,80	0,0561	0,40
Armação Viga CA50 ø 10.00 mm	264,70	0,0392	0,40
Armação Viga CA50 ø 12.50 mm	331,10	0,0257	0,30
Armação Viga CA60 ø 5.00 mm	183,20	0,1069	0,70
Montagem Forma Viga	168,50	0,5960	3,20
Concretagem Viga	15,70	1,9633	1,00
Armação Laje CA50 ø 8.00 mm	87,40	0,0403	0,20
Armação Laje CA50 ø 10.00 mm	50,80	0,0259	0,10
Armação Laje CA60 ø 5.00 mm	30,00	0,0836	0,10
Montagem de Laje	8,90	0,27	0,10
Concretagem Laje	8,90	0,505	0,50

Fonte: Autor, 2023

Tabela 16 - Duração Atividades: 5º pavimento.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Armação Pilar CA50 ø 10.00 mm	81,70	0,0392	0,10
Armação Pilar CA 50 ø 12.50 mm	127,60	0,0257	0,10
Armação Pilar CA 60 ø 5.00 mm	80,00	0,1069	0,30
Montagem Forma Pilar	56,96	0,661	1,20
Concretagem Pilar	3,72	1,9633	0,30
Armação Viga CA50 ø 6.30 mm	145,90	0,079	0,40
Armação Viga CA50 ø 8.00 mm	327,70	0,0561	0,80
Armação Viga CA50 ø 10.00 mm	236,00	0,0392	0,30
Armação Viga CA50 ø 12.50 mm	255,30	0,0257	0,20
Armação Viga CA60 ø 5.00 mm	221,70	0,1069	0,80

Montagem Forma Viga	170,21	0,596	3,20
Concretagem Viga	16,90	1,9633	1,00
Armação Laje CA50 $\varnothing$ 8.00 mm	17,00	0,0403	0,10
Armação Laje CA60 $\varnothing$ 5.00 mm	66,40	0,0836	0,20
Montagem de Laje	9,80	0,27	0,10
Concretagem Laje	9,80	0,505	0,20

Fonte: Autor, 2023

Tabela 17 - Duração Atividades: pavimento cobertura.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Armação Pilar CA50 $\varnothing$ 10.00 mm	41,20	0,0392	0,10
Armação Pilar CA 50 $\varnothing$ 12.50 mm	84,80	0,0257	0,10
Armação Pilar CA 60 $\varnothing$ 5.00 mm	44,70	0,1069	0,20
Montagem de Forma Pilar	25,99	0,661	0,50
Concretagem Pilar	1,66	1,9633	0,10
Armação Viga CA50 $\varnothing$ 6.30 mm	0,20	0,079	0,10
Armação Viga CA50 $\varnothing$ 8.00 mm	44,20	0,0561	0,10
Armação Viga CA60 $\varnothing$ 5.00 mm	18,20	0,1069	0,10
Montagem Forma Viga	20,94	0,596	0,40
Concretagem Viga	1,28	1,9633	0,10

Fonte: Autor, 2023

Nessa etapa, de forma a definir a duração de obra de maneira mais real possível, foi utilizado o *software* Project Libre para executar o cronograma e, consequentemente, definir a duração total da execução da estrutura em concreto armado, conforme apresentado na figura 12.

Figura 12 – Cronograma de execução estrutura em concreto armado.

Id	Modo da Tarefa	Nome da tarefa	Duração	Início	Termino	Predecessoras
1		ESTRUTURA CA	220,5 dias	Qui 30/03/23	Qui 01/02/24	
2		Pavimento Fundação	19,3 dias	Qui 30/03/23	Qua 26/04/23	
3		Armação Sapatas	7,8 dias	Qui 30/03/23	Seg 10/04/23	
4		Concretagem Sapatas	1,2 dias	Seg 10/04/23	Ter 11/04/23	3
5		Armação Vigas Baldrame	3,5 dias	Seg 10/04/23	Sex 14/04/23	3
6		Formas Vigas Baldrame	7 dias	Sex 14/04/23	Ter 25/04/23	5
7		Concretagem Vigas Baldrame	1 dia	Ter 25/04/23	Qua 26/04/23	6
8		Pavimento Térreo	45,5 dias	Sex 14/04/23	Sex 16/06/23	
9		Armação Pilares	3,2 dias	Sex 14/04/23	Qua 19/04/23	5
10		Forma Pilares	4,8 dias	Sex 05/05/23	Sex 12/05/23	7Ti+7 dias
11		Concretagem Pilares	1 dia	Sex 12/05/23	Seg 15/05/23	10
12		Armação Vigas	5,5 dias	Qua 19/04/23	Qua 26/04/23	9
13		Forma Vigas	7,5 dias	Sex 24/05/23	Sex 02/06/23	11Ti+7 dias
14		Concretagem Vigas	2,5 dias	Sex 02/06/23	Qua 07/06/23	13
15		Armação Laje	0,7 dias	Qui 27/04/23	Qui 27/04/23	12
16		Montagem Laje	0,2 dias	Sex 16/06/23	Sex 16/06/23	14Ti+7 dias
17		Concretagem Laje	0,5 dias	Sex 16/06/23	Sex 16/06/23	16
18		2º Pavimento	73,2 dias	Qui 27/04/23	Ter 08/08/23	
19		Armação Pilares	1,3 dias	Qui 27/04/23	Sex 28/04/23	15
20		Forma Pilares	2,1 dias	Qui 06/07/23	Seg 10/07/23	17Ti+14 dias
21		Concretagem Pilares	0,5 dias	Seg 10/07/23	Ter 11/07/23	20
22		Armação Vigas	3,2 dias	Seg 01/05/23	Qui 04/05/23	19
23		Forma Vigas	4,3 dias	Qui 20/07/23	Qua 26/07/23	21Ti+7 dias
24		Concretagem Vigas	1,5 dias	Qui 26/07/23	Sex 28/07/23	23
25		Armação Laje	1 dia	Qui 04/05/23	Sex 05/05/23	22
26		Montagem Laje	0,2 dias	Ter 08/08/23	Ter 08/08/23	24Ti+7 dias
27		Concretagem Laje	0,5 dias	Ter 08/08/23	Ter 08/08/23	26
28		3º Pavimento	103,4 dias	Sex 05/05/23	Qua 27/09/23	
29		Armação Pilares	1 dia	Sex 05/05/23	Seg 08/05/23	25
30		Forma Pilares	1,9 dias	Seg 28/08/23	Qua 30/08/23	27Ti+14 dias
31		Concretagem Pilares	0,5 dias	Qua 30/08/23	Qui 31/08/23	30
32		Armação Vigas	2,7 dias	Seg 08/05/23	Qua 10/05/23	29
33		Forma Vigas	3,9 dias	Seg 11/09/23	Sex 15/09/23	31Ti+7 dias
34		Concretagem Vigas	1 dia	Sex 15/09/23	Seg 18/09/23	33
35		Armação Laje	0,4 dias	Qua 10/05/23	Qui 11/05/23	32
36		Montagem Laje	0,1 dias	Qua 27/09/23	Qua 27/09/23	34Ti+7 dias
37		Concretagem Laje	0,3 dias	Qua 27/09/23	Qua 27/09/23	36
38		4º Pavimento	134,1 dias	Qui 11/05/23	Qua 15/11/23	
39		Armação Pilares	0,8 dias	Qui 11/05/23	Sex 12/05/23	35
40		Forma Pilares	1,5 dias	Ter 17/10/23	Qui 19/10/23	37Ti+14 dias
41		Concretagem Pilares	0,5 dias	Qui 19/10/23	Qui 19/10/23	40
42		Armação Vigas	2,3 dias	Sex 12/05/23	Ter 16/05/23	39
43		Forma Vigas	3,2 dias	Seg 30/10/23	Qui 02/11/23	41Ti+7 dias
44		Concretagem Vigas	1 dia	Qui 02/11/23	Sex 03/11/23	43
45		Armação Laje	0,4 dias	Ter 16/05/23	Ter 16/05/23	42
46		Montagem Laje	0,1 dias	Ter 14/11/23	Ter 14/11/23	44Ti+7 dias
47		Concretagem Laje	0,5 dias	Ter 14/11/23	Qua 15/11/23	46
48		5º Pavimento	164,6 dias	Ter 16/05/23	Ter 02/01/24	
49		Armação Pilares	0,5 dias	Ter 16/05/23	Qua 17/05/23	45
50		Forma Pilares	1,2 dias	Ter 05/12/23	Qua 06/12/23	47Ti+14 dias
51		Concretagem Pilares	0,3 dias	Qua 06/12/23	Qua 06/12/23	50
52		Armação Vigas	2,5 dias	Qua 17/05/23	Sex 19/05/23	49
53		Forma Vigas	3,2 dias	Sex 15/12/23	Qui 21/12/23	51Ti+7 dias
54		Concretagem Vigas	1 dia	Qui 21/12/23	Sex 22/12/23	53
55		Armação Laje	0,3 dias	Sex 19/05/23	Seg 22/05/23	52
56		Montagem Laje	0,1 dias	Ter 02/01/24	Ter 02/01/24	54Ti+7 dias
57		Concretagem Laje	0,2 dias	Ter 02/01/24	Ter 02/01/24	56
58		Pavimento Cobertura	183,4 dias	Seg 22/05/23	Qui 01/02/24	
59		Armação Pilares	0,4 dias	Seg 22/05/23	Seg 22/05/23	55
60		Forma Pilares	0,5 dias	Seg 22/01/24	Seg 22/01/24	57Ti+14 dias
61		Concretagem Pilares	0,1 dias	Seg 22/01/24	Seg 22/01/24	60
62		Armação Vigas	0,3 dias	Seg 22/05/23	Seg 22/05/23	59

Fonte: Autor, 2023.

Dessa forma, a duração total para a execução da estrutura em estudo de concreto armado foi de 220,5 dias, aproximadamente 7 meses e 11 dias.

5.1.4 CARREGAMENTO DAS FUNDAÇÕES

Em relação ao carregamento total, ao qual a fundação da edificação é submetida, foi possível obter os dados com base no dimensionamento da estrutura, conforme apresentado no Tabela 18, com os valores de carregamento encontrados.

Tabela 18 - Carregamento nas fundações.

Peso Próprio (tf)	630,65
Adicional (tf)	299,88
Acidental (tf)	143,17
Total (tf)	1.073,65

Fonte: Autor, 2023.

5.2 ESTRUTURA MISTA DE AÇO E CONCRETO

Na estrutura mista de aço e concreto, apesar da arquitetura ser a mesma, bem como seus desafios, a locação dos elementos estruturais foi feita de forma diferente em relação a estrutura de concreto armado, buscando usar da melhor forma as propriedades das estruturas mistas de aço e concreto.

Além disso, foram utilizadas vigas e lajes mistas na edificação como soluções para a edificação de estudo, bem como a utilização de conexões parafusadas, que entraram no quantitativo de peso de aço de cada pavimento.

Ademais, no Apêndice D, visando uma melhor compreensão do presente estudo, é possível observar as plantas de locação, bem como as plantas de forma de cada pavimento e os cortes gerados.

5.2.1 QUANTITATIVOS

No que se refere aos quantitativos, a partir do dimensionamento no *software* CypeCad, foi possível obter a relação de materiais referente a execução da estrutura mista de aço e concreto, conforme apresentado na Tabela 19.

5.2.2 ORÇAMENTO

Tabela 19 – Relação de materiais da estrutura mista de aço e concreto.

Pavimento	Peso do aço (kg)	Volume de concreto (m³)	Consumo de aço (kg/m³)
Fundação	1.199,65	31,22	38,43
Térreo	17.005,64	11,20	1.518,36
2º Pavimento	9.145,22	10,20	896,59
3º Pavimento	9.980,44	8,60	1.160,52
4º Pavimento	9.276,34	8,60	1.078,64
5º Pavimento	9.365,48	9,10	1.029,17
Pavimento Cobertura	1.092,54	-	-

Fonte: Autor, 2023.

Ademais, em posse da relação dos materiais a serem utilizados na estrutura, foi possível determinar o custo por pavimento, dividindo-o em custo de material, custo de mão de obra e custo total, conforme apresentado nas Tabela 20 a Tabela 26.

De maneira a facilitar a compreensão da orçamentação executada, no Apêndice E é apresentada a tabela orçamentária com todos serviços e parâmetros, bem como seus respectivos códigos da tabela SINAPI.

Outrossim, para a orçamentação foi utilizada a tabela SINAPI analítica não desonerada 12/2022 e não foi levado em consideração os custos do BDI, por se tratar de um estudo com fim comparativo.

Além disso, sabendo que não possui uma composição na tabela SINAPI para lajes mistas, foi realizada uma pesquisa de mercado nos principais fornecedores desse tipo de laje, e adotado os valores fornecidos pelo fabricante Metform.

Tabela 20 - Orçamento Fundação.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Sapata + Arranque	R\$ 20.831,68	R\$ 3.829,29	R\$ 24.660,97
Viga Baldrame	R\$ 12.602,23	R\$ 8.573,76	R\$ 21.175,99

Fonte: Autor, 2023

Tabela 21 - Orçamento Pavimento Térreo.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Pilar	R\$ 59.923,00	R\$ 7.345,40	R\$ 67.268,40
Viga	R\$ 199.496,17	R\$ 52.230,30	R\$ 251.726,47
Laje	R\$ 64.799,89	R\$ 474,56	R\$ 65.274,45

Fonte: Autor, 2023

Tabela 22 - Orçamento 2º Pavimento.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Pilar	R\$ 48.933,50	R\$ 5.998,30	R\$ 54.931,80
Viga	R\$ 90.749,32	R\$ 23.759,17	R\$ 114.508,50
Laje	R\$ 52.765,01	R\$ 396,85	R\$ 53.161,87

Fonte: Autor, 2023

Tabela 23 - Orçamento 3º Pavimento.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Pilar	R\$ 42.392,50	R\$ 5.196,50	R\$ 47.589,00
Viga	R\$ 103.259,53	R\$ 27.034,48	R\$ 130.294,02
Laje	R\$ 32.740,24	R\$ 552,74	R\$ 43.261,87

Fonte: Autor, 2023

Tabela 24 - Orçamento 4º Pavimento.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Pilar	R\$ 33.356,00	R\$ 4.088,80	R\$ 37.444,80
Viga	R\$ 101.326,19	R\$ 26.528,31	R\$ 127.854,50
Laje	R\$ 45.090,54	R\$ 695,44	R\$ 146.422,35

Fonte: Autor, 2023

Tabela 25 - Orçamento 5º Pavimento.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Pilar	R\$ 29.636,00	R\$ 3.632,80	R\$ 33.268,80
Viga	R\$ 109.071,00	R\$ 28.555,99	R\$ 137.626,99
Laje	R\$ 45.548,32	R\$ 533,11	R\$ 46.081,43

Fonte: Autor, 2023

Tabela 26 - Orçamento Pavimento Cobertura.

Componente	Material	Mão de Obra	Total
Pilar	R\$ 9.222,50	R\$ 1.130,50	R\$ 10.353,00
Viga	R\$ 7.582,51	R\$ 1.985,18	R\$ 9.567,69

Fonte: Autor, 2023

Com base nesses dados, foi possível determinar o orçamento total de cada pavimento, assim como o custo/m², conforme apresentado na tabela 27.

Tabela 27 - Orçamento geral.

Pavimento	Material	Mão de Obra	Total	Custo/m²
Fundação	R\$ 33.433,91	R\$ 12.403,05	R\$ 45.836,95	-
Térreo	R\$ 324.219,06	R\$ 60.050,26	R\$ 384.269,31	R\$ 1.243,55
2º Pavimento	R\$ 192.447,84	R\$ 30.154,32	R\$ 222.602,16	R\$ 891,16
3º Pavimento	R\$ 178.392,28	R\$ 32.783,72	R\$ 211.176,00	R\$ 1.237,92
4º Pavimento	R\$ 179.772,73	R\$ 31.312,56	R\$ 211.085,28	R\$ 1.237,38
5º Pavimento	R\$ 184.255,32	R\$ 32.721,91	R\$ 216.977,23	R\$ 1.271,92
Cobertura	R\$ 16.805,01	R\$ 3.115,68	R\$ 19.920,69	R\$ 646,36
TOTAL	R\$ 1.109.326,14	R\$ 202.541,49	R\$ 1.311.867,64	R\$ 1.191,10

Fonte: Autor, 2023

Conforme apresentado na Tabela 27, o custo total da estrutura mista de aço e concreto é de R\$ 1.311.867,64.

5.2.3 CRONOGRAMA

Para o cronograma de execução da estrutura mista de aço e concreto foram utilizadas as mesmas considerações de cálculo da duração dos serviços da estrutura de concreto armado, expressas através da equação 2.

Onde o índice adotado foi baseado no coeficiente de serviço disponibilizado na Tabela SINAPI, seguindo os serviços expressos no orçamento.

Sendo assim, nas Tabelas 28 a 34 está expressa a duração de cada serviço por pavimento.

Tabela 28 - Duração Atividades: pavimento fundação.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Armação Sapata CA 50 ø 10.00 mm	505,49	0,0890	1,40
Armação Sapata CA 50 ø 12.50 mm	218,92	0,0680	0,50
Armação Sapata CA 50 ø 16.00 mm	38,86	0,0495	0,10
Armação Sapata CA 50 ø 20.00 mm	27,85	0,0365	0,10
Armação Sapata CA 60 ø 5.00 mm	10,43	0,1945	0,10
Concretagem Sapata	24,37	0,7400	0,60
Armação Viga CA50 ø 6.30 mm	6,90	0,1510	0,10
Armação Viga CA50 ø 8.00 mm	209,50	0,1155	0,80

Armação Viga CA50 ø 10.00 mm	9,20	0,0890	0,10
Armação Viga CA60 ø 5.00 mm	172,50	0,1945	1,00
Montagem Forma Viga Baldrame	120,00	1,7490	7,00
Concretagem Viga Baldrame	6,85	2,4500	0,50

Fonte: Autor, 2023

Tabela 29 - Duração Atividades: pavimento térreo.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Montagem Pilar Metálico	3.866,00	0,015	2,00
Montagem Viga Metálica	13.090,30	0,029	12,00
Armação Laje Mista	49,34	0,0259	0,10
Montagem Laje Mista	-	-	1,00
Concretagem Laje Mista	11,20	0,505	0,50

Fonte: Autor, 2023

Tabela 30 - Duração Atividades: 2º pavimento.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Montagem Pilar Metálico	3.157,00	0,015	1,50
Montagem Viga Metálica	5.954,68	0,029	5,40
Armação Laje Mista	33,54	0,0259	0,10
Montagem Laje Mista	-	-	1,00
Concretagem Laje Mista	10,20	0,505	0,20

Fonte: Autor, 2023

Tabela 31 - Duração Atividades: 3º pavimento.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Montagem Pilar Metálico	2.735,00	0,015	1,30
Montagem Viga Metálica	6.775,56	0,029	6,00
Armação Laje Mista	469,88	0,0259	0,40
Montagem Laje Mista	-	-	1,00
Concretagem Laje Mista	8,60	0,505	0,20

Fonte: Autor, 2023

Tabela 32 - Duração Atividades: 4º pavimento.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Montagem Pilar Metálico	2.152,00	0,015	1,00
Montagem Viga Metálica	6.648,70	0,029	6,00
Armação Laje Mista	475,64	0,0259	0,40
Montagem Laje Mista	-	-	1,00
Concretagem Laje Mista	8,60	0,505	0,20

Fonte: Autor, 2023

Tabela 33 - Duração Atividades: 5º pavimento.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Montagem Pilar Metálico	1.912,00	0,015	1,00
Montagem Viga Metálica	7.156,89	0,029	6,50
Armação Laje Mista	296,59	0,0259	0,30
Montagem Laje Mista	-	-	1,00
Concretagem Laje Mista	9,10	0,505	0,20

Fonte: Autor, 2023

Tabela 34 - Duração Atividades: pavimento cobertura.

Componente	Quantidade	Índice (hrs)	Duração (dias)
Montagem Pilar Metálico	595,00	0,015	0,30
Montagem Viga Metálica	497,54	0,029	0,50

Fonte: Autor, 2023

Nessa etapa, de forma a definir a duração de obra da maneira mais real possível, foi utilizado o *software* Project Libre para executar o cronograma e consequentemente definir a duração total da execução da estrutura mista de aço e concreto, conforme apresentado na figura 13 abaixo.

Figura 13 – Cronograma de execução estrutura mista de aço e concreto.

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	ESTRUTURA AÇO	127,4 dias	Qua 05/04/23	Sex 29/09/23	
2	Pavimento Fundação	12,3 dias	Qua 05/04/23	Sex 21/04/23	
3	Armação Sapatas	2,2 dias	Qua 05/04/23	Sex 07/04/23	
4	Concretagem Sapatas	0,6 dias	Sex 07/04/23	Sex 07/04/23	3
5	Armação Vigas Baldrame	2,6 dias	Sex 07/04/23	Ter 11/04/23	3
6	Formas Viga Baldrame	7 dias	Ter 11/04/23	Qui 20/04/23	5
7	Concretagem Viga Baldrame	0,5 dias	Qui 20/04/23	Sex 21/04/23	6
8	1º Pavimento	23 dias	Ter 11/04/23	Sex 12/05/23	
9	Montagem Pilares Metálicos	2 dias	Sex 21/04/23	Ter 25/04/23	7
10	Montagem Vigas Metálica	12 dias	Ter 25/04/23	Qui 11/05/23	9
11	Armação Laje Mista	0,1 dias	Ter 11/04/23	Ter 11/04/23	5
12	Montagem Laje Mista	1 dia	Qui 11/05/23	Sex 12/05/23	11;10
13	Concretagem Laje Mista	0,5 dias	Sex 12/05/23	Sex 12/05/23	12
14	2º Pavimento	45 dias	Ter 11/04/23	Ter 13/06/23	
15	Montagem Pilares Metálicos	1,5 dias	Qui 01/06/23	Seg 05/06/23	13TI+14 dias
16	Montagem Vigas Metálica	5,4 dias	Seg 05/06/23	Seg 12/06/23	15
17	Armação Laje Mista	0,1 dias	Ter 11/04/23	Ter 11/04/23	11
18	Montagem Laje Mista	1 dia	Seg 12/06/23	Ter 13/06/23	16;17
19	Concretagem Laje Mista	0,2 dias	Ter 13/06/23	Ter 13/06/23	18
20	3º Pavimento	67,4 dias	Qua 12/04/23	Sex 14/07/23	
21	Montagem Pilares Metálicos	1,3 dias	Seg 03/07/23	Qua 05/07/23	19TI+14 dias
22	Montagem Vigas Metálica	6 dias	Qua 05/07/23	Qui 13/07/23	21
23	Armação Laje Mista	0,4 dias	Qua 12/04/23	Qua 12/04/23	17
24	Montagem Laje Mista	1 dia	Qui 13/07/23	Sex 14/07/23	22;23
25	Concretagem Laje Mista	0,2 dias	Sex 14/07/23	Sex 14/07/23	24
26	4º Pavimento	89,2 dias	Qua 12/04/23	Ter 15/08/23	
27	Montagem Pilares Metálicos	1 dia	Qui 03/08/23	Sex 04/08/23	25TI+14 dias
28	Montagem Vigas Metálica	6 dias	Sex 04/08/23	Seg 14/08/23	27
29	Armação Laje Mista	0,4 dias	Qua 12/04/23	Qua 12/04/23	23
30	Montagem Laje Mista	1 dia	Seg 14/08/23	Ter 15/08/23	28;29
31	Concretagem Laje Mista	0,2 dias	Ter 15/08/23	Ter 15/08/23	30
32	5º Pavimento	106,8 dias	Qua 12/04/23	Sex 08/09/23	
33	Montagem Pilares Metálicos	1 dia	Seg 04/09/23	Ter 05/09/23	31TI+14 dias
34	Montagem Vigas Metálica	1 dia	Ter 05/09/23	Qua 06/09/23	33
35	Armação Laje Mista	1 dia	Qua 12/04/23	Qui 13/04/23	29
36	Montagem Laje Mista	1 dia	Qua 06/09/23	Qui 07/09/23	34;35
37	Concretagem Laje Mista	1 dia	Qui 07/09/23	Sex 08/09/23	36
38	Pavimento Cobertura	0,8 dias	Qui 28/09/23	Sex 29/09/23	
39	Montagem Pilares Metálicos	0,3 dias	Qui 28/09/23	Qui 28/09/23	37TI+14 dias
40	Montagem Vigas Metálica	0,5 dias	Qui 28/09/23	Sex 29/09/23	39

Fonte: Autor, 2023.

Dessa forma, a duração total para a execução da estrutura mista de aço e concreto foi de 127,4 dias, aproximadamente 4 meses e 11 dias.

5.2.4 CARREGAMENTO DAS FUNDAÇÕES

Em relação ao carregamento total ao qual a fundação da edificação é submetida, foi possível obter os dados com base no dimensionamento da estrutural, conforme apresentado na Tabela 35, com os valores de carregamento encontrados.

Tabela 35 - Carregamento nas fundações.

Peso Próprio (tf)	401,72
Adicional (tf)	310,48
Acidental (tf)	121,10
Total (tf)	833,30

Fonte: Autor, 2023

5.3 ANÁLISE COMPARATIVA

Tendo em vista o cunho comparativo que possui esse trabalho, nesse tópico é apresentada, com base nos dados obtidos anteriormente, uma análise comparativa entre ambas as estruturas.

5.3.1 ANÁLISE ECONÔMICA

Em relação a análise econômica, o ponto inicial é a análise de custo de cada estrutura, que foi apresentado nos tópicos anteriores. Na Tabela 36 é apresentado o custo total de ambas as estruturas.

Tabela 36 - Custo total de ambas as estruturas.

Tipo de Estrutura	Material	Mão de Obra	Total
Estrutura Concreto Armado	R\$ 434.585,93	R\$ 157.946,15	R\$ 592.532,08
Estrutura Mista de Aço e Concreto	R\$ 1.109.326,14	R\$ 202.541,49	R\$ 1.311.867,64

Fonte: Autor, 2023

Com base nos valores apresentados no Quadro 6, é possível perceber que a estrutura mista de aço e concreto apresenta um custo muito maior comparado a estrutura em concreto armado, em torno de 121,40% de diferença.

De maneira a facilitar a compreensão dos custos estabelecidos para as estruturas em estudo, a figura 14 apresenta de forma gráfica os custos detalhados de cada estrutura.

Figura 14 – Comparação de custos entre estruturas.



Fonte: Autor 2023

Assim, na figura 14 podemos perceber que o custo de mão de obra na estrutura em concreto armado é mais impactante, onde o custo de mão de obra corresponde a 36,34% do custo total. Enquanto na estrutura mista, o custo de mão de obra corresponde a 18,26%, isso mostra o quão relevante é o custo de material quando se trata de estrutura mista de aço e concreto.

Analizando os custos, é tendencioso que a estrutura em concreto armado seja preferível, quando comparada a estrutura mista de aço e concreto. Porém é necessário analisar mais dois parâmetros: o tempo de execução e o retorno financeiro do empreendimento, visto que a edificação é de uso comercial e residencial, para poder determinar qual estrutura utilizar na edificação.

No quesito tempo de execução, nas seções 5.1.3 e 5.2.3 foi apresentado o cronograma de execução de ambas as estruturas, no qual a estrutura de concreto armado foi executada em aproximadamente 221 dias, enquanto a estrutura mista de aço e concreto em aproximadamente 128 dias. Com isso, a estrutura mista é executada 93 dias mais rápido, comparada com a de concreto armado.

Ademais, em relação ao retorno do empreendimento, é preciso calcular quanto o empreendimento teria que criar de receita por mês para que a estrutura mista seja preferível. Assim, com base na equação 3 podemos determinar essa receita.

$$Receita = \frac{Custo\ 1 - Custo\ 2}{Duração\ 2 - Duração\ 1} \quad (3)$$

Onde, o custo 1 refere-se ao custo da estrutura mista de aço e concreto e o custo 2 refere-se ao custo da estrutura de concreto armado. Enquanto a duração 1 refere-se ao tempo de execução da estrutura mista e a duração 2 o tempo de execução da estrutura de concreto armado. Dessa forma temos que:

$$Receita = \frac{(1.311.867,63 - 592.532,08)}{(221 - 128)} = R\$ 7.734,79/dia$$

$$Receita = R\$ 7.734,79 * 30 dias = R\$ 232.043,73/mês$$

Diante disso, com base em toda análise feita até o presente momento desse trabalho, a estrutura mista de aço e concreto torna-se viável economicamente se a edificação gerar uma receita de R\$ 232.043,73 por mês. Caso contrário, deverá ser preferível, no âmbito econômico, a utilização da estrutura em concreto armado.

5.3.2 ANÁLISE ESTRUTURAL

Outrossim, um dos objetivos desse trabalho é analisar, comparativamente, as cargas de fundação de ambas as estruturas. Na Tabela 37 é apresentado os dados estruturais obtidos de ambas as estruturas.

Tabela 37 - Carga de fundação de ambas as estruturas.

Tipo de Estrutura	Peso Próprio (tf)	Adicional (tf)	Acidental (tf)	Total (tf)
Estrutura Concreto Armado	630,65	299,88	143,17	1.073,65
Estrutura Mista de Aço e Concreto	401,72	310,48	121,10	833,30

Fonte: Autor, 2023

Portanto, com os dados apresentados, é possível concluir que a estrutura de aço possui uma menor carga de fundação, e isso é devido a característica dela ser mais leve quando comparada a estrutura de concreto armado.

Esse ponto é interessante de ser mencionado, pois em edificações altas com maiores cargas, o custo de fundação é menor nas estruturas mistas de aço e concreto, quando comparado as demais metodologias construtivas. Para a edificação de estudo, enquanto na estrutura de concreto armado o custo de fundação foi de R\$ 100.224,60, para a estrutura mista de aço e concreto esse custo foi de R\$ 45.836,95.

6 CONCLUSÃO

Ante o exposto, o assunto abordado nesse estudo é de extrema relevância no ramo da engenharia civil, visto que as estruturas mistas de aço e concreto ganharam relevância no mercado brasileiro, tornando-se uma solução competitiva entre os demais sistemas estruturais. Diante disso, a análise comparativa realizada no presente trabalho tem o cunho de colaborar com a disseminação do emprego de estrutura mista de aço e concreto como solução estrutural em edificações de múltiplos pavimentos.

Assim, após o dimensionamento da estrutura em concreto armado com o *software* Eberick e a estrutura mista de aço e concreto com o *software* CypeCad, foi possível obter os dados necessários para atingir os objetivos estipulados nesse trabalho. Inicialmente foi possível concluir que o custo final da obra executada em concreto armado é 45,17% menor, comparado a estrutura mista de aço e concreto.

Enquanto no quesito duração de obra, a estrutura mista de aço e concreto mostrou ter uma execução mais rápida, em torno de 93 dias de diferença, em relação a execução da estrutura em concreto armado.

Dessa forma, é preciso analisar esses dois parâmetros de maneira conjunta para poder concluir qual metodologia estrutural é mais viável para a edificação. Portanto, como a edificação em estudo é de uso comercial e residencial, foi preciso determinar a receita mensal que precisa ser gerada pelo empreendimento para que a estrutura mista de aço e concreto seja economicamente viável, que foi definida de R\$ 232.043,73.

Desse modo, concluí que, apesar do custo mais elevado, a estrutura mista de aço e concreto torna-se viável nesse tipo de empreendimento caso seja possível gerar, pela edificação, uma receita mensal mínima de R\$232.043,73. Portanto, o custo de execução não é o único ponto que se deve levar em consideração para a decisão de adoção de um sistema estrutural, algo que é comumente levado como premissa única na decisão final.

No âmbito estrutural, a análise de carga de fundação de ambas as estruturas mostrou que a carga da estrutura mista de aço e concreto é menor, comparada a estrutura de concreto armado, isso ocorre por conta da estrutura mista de aço e concreto ser mais leve, e que consequentemente irá refletir num custo menor na

fundação desse sistema estrutural.

Por fim, salienta-se que, como uma outra maneira de viabilizar a estrutura mista de aço e concreto na edificação, pode-se alterar o projeto arquitetônico, a fim de possibilitar o uso de barras de contraventamento, garantindo uma maior rigidez a estrutura com um baixo peso. Entretanto, esta solução não foi adotada, a fim de não interferir na arquitetura já pronta, ficando como uma sugestão para trabalhos futuros a elaboração de outro projeto.

REFERÊNCIAS

ALVA, G.M.S. **Sobre o projeto de edifícios em estrutura mista aço-concreto**. 2000. 277 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:2019. Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800:2008: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008. 221 p.

BASTOS, P.S. **Fundamentos do concreto armado**. 2006. Disponível em: http://site.ufvjm.edu.br/icet/files/2013/04/FUNDAMENTOS_Concreto.pdf. Acesso em 10 de março de 2023.

BASTOS, P.S. **Fundamentos do concreto armado**. 2019. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>. Acesso em 10 de março de 2023.

BELLEI, I.H.; PINHO, F.O.; PINHO, M.O. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2008.

CATÁLOGO DE TELHAS METFORM, 2019. Disponível em: <https://metform.com.br/wp-content/uploads/2022/08/Cata%CC%81logo-Telha-Ed.-2019.pdf>. Acesso em: 10 de março de 2023.

CORRÊA, Márcio Roberto Silva. **Aperfeiçoamento de modelos usualmente empregados no projeto de sistemas estruturais de edifícios**. São Carlos 342p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1991.

COUTO, J.A.S.; CARMINATTI, R.L.; NUNES, R.R.A.; MOURA, R.C.A. **O concreto como material de construção**. Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas, 9p., Sergipe, 2013.

DIAS, Luis Andrade de Mattos. **Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem**. 5. ed. São Paulo: Zigurate, 2006.

FABRIZZI, Marcela A. **Contribuição para o projeto e dimensionamento de edifícios de múltiplos andares com elementos estruturais mistos aço-concreto**. 2007. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

FAKURY, Ricardo H. **Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto**. Ricardo Hallal Fakury, Ana Lydia Reis de Castro e Silva, Rodrigo Barreto Caldas. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

FERRAZ, Henrique. **O Aço na Construção Civil**. Revista Eletrônica de Ciências, Arquitetura e Urbanismo, São Carlos: Universidade de São Paulo, n. 22, 2003. 16 p.

FRANÇA, Esdras Poty de. **Tecnologia Básica do Concreto**. In: Apostila Curso Engenharia de Produção Civil. Disciplina materiais de construção. CEFET. Belo Horizonte. 2004. p. 7-13.

GUINZELLI, Adriano. **Projeto estrutural de uma edificação residencial com estrutura metálica**. RIUFOP, 2017. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15182/1/PB_DAMEC_2017_1_01.pdf. Acesso em: 27/01/2023.

LIMA, João Lucas Rufino. **Estudo comparativo entre estrutura metálica e de concreto armado em uma edificação: estudo de caso**. Dissertação. Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas. Brasília, 2017.

MACHADO, Rafael Tamanini. **Análise da viabilidade econômica do projeto estrutural de edifícios de múltiplos andares com estrutura de aço**. 2012. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MALITE, Maximiliano. **Análise do comportamento estrutural de vigas mistas aço-concreto constituídas por perfis de chapa dobrada**. São Carlos. 2v. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 1993.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo; Pini, 2010. Acesso em: 27/01/2023.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. L. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008.

NAKAMURA, J. **Revista AU – Arquitetura E Urbanismo - Tecnologia: Era do Aço**. Editora Pini, ed 152, 2006. Disponível em: <<http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/152/artigo34881-1.aspx>>. Acesso em: 10 mar.2023.

OLIVEIRA, Letícia C. **Estudo Comparativo entre estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto aplicadas a edifícios de múltiplos andares**. 2018. Dissertação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

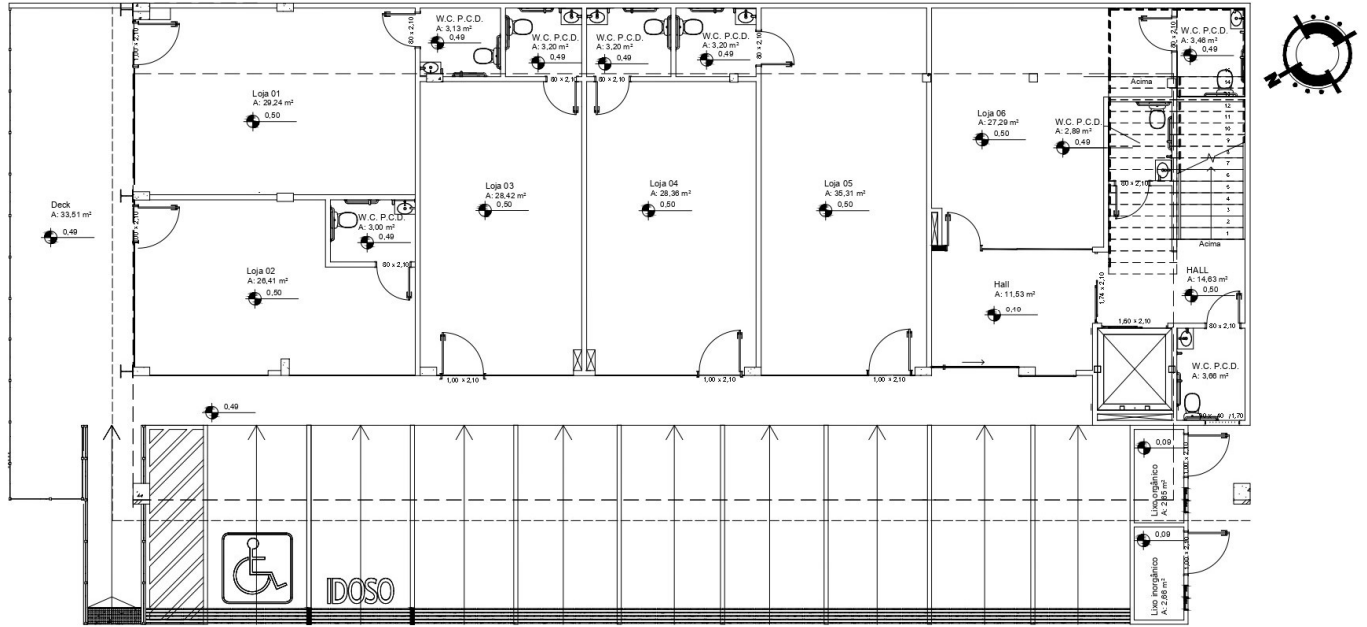
PEREIRA E SÁ, A. G., DOS SANTOS W. A. **Estruturas Mistas de Aço e Concreto**. 2014. Dissertação. Instituto Doctum de Educação e Tecnologia. Minas Gerais, 2014.

PINHEIRO, L.M; MUZARDO, C.D.; SANTOS, S.P.; CATOIA, T.; CATOIA, B. **Estruturas de Concreto**. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2010.

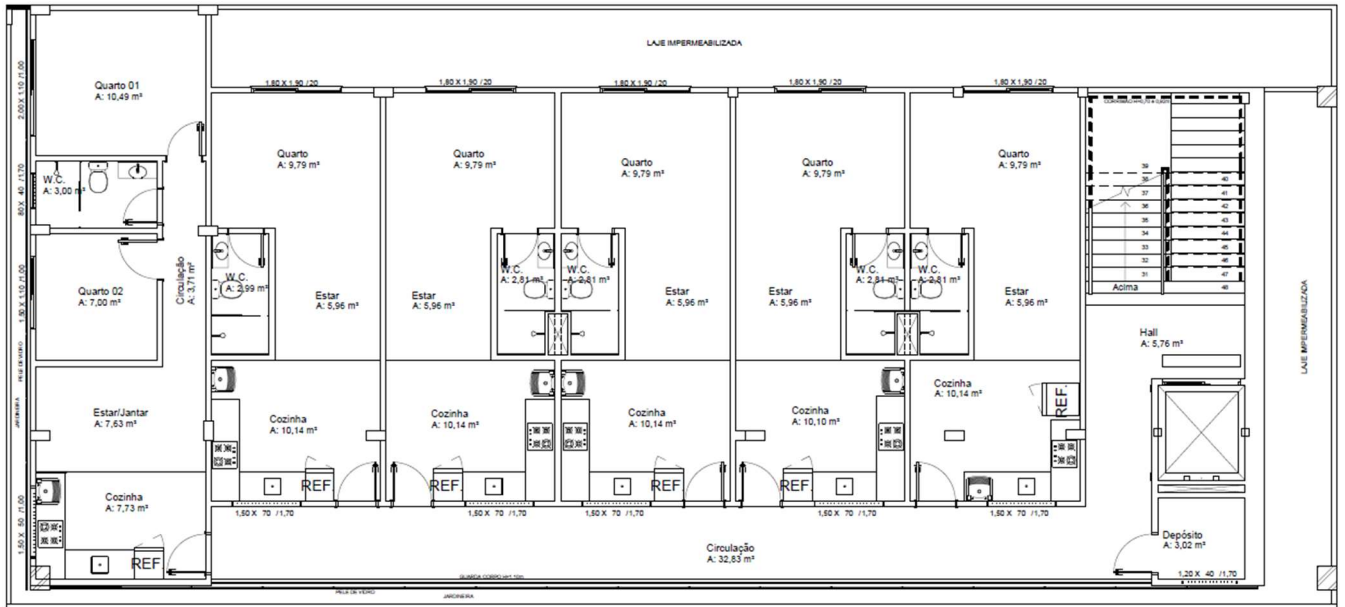
PINHO, F.O.; PENNA, Fernando. **Manual de Construção em Aço: Viabilidade Econômica**. Instituto Brasileiro de Siderurgia. Rio de Janeiro, 2008.

APÊNDICE A – PLANTAS ARQUITETÔNICAS

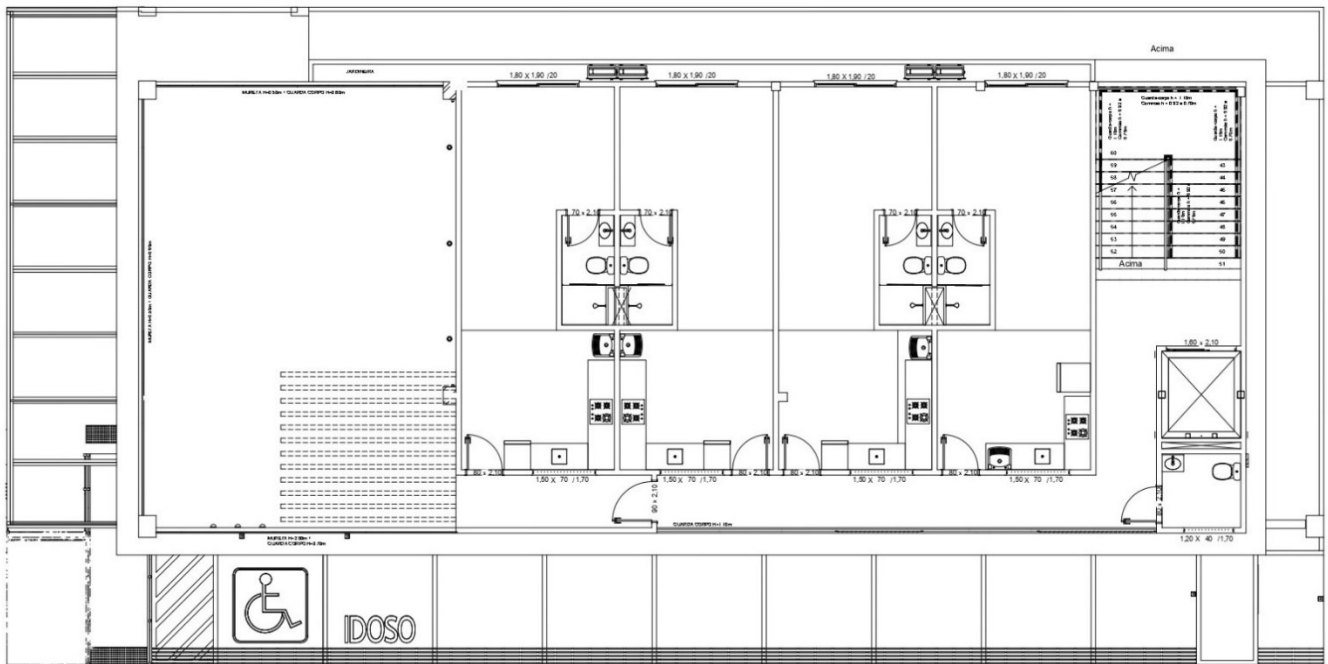
A.1. Pavimento Térreo.



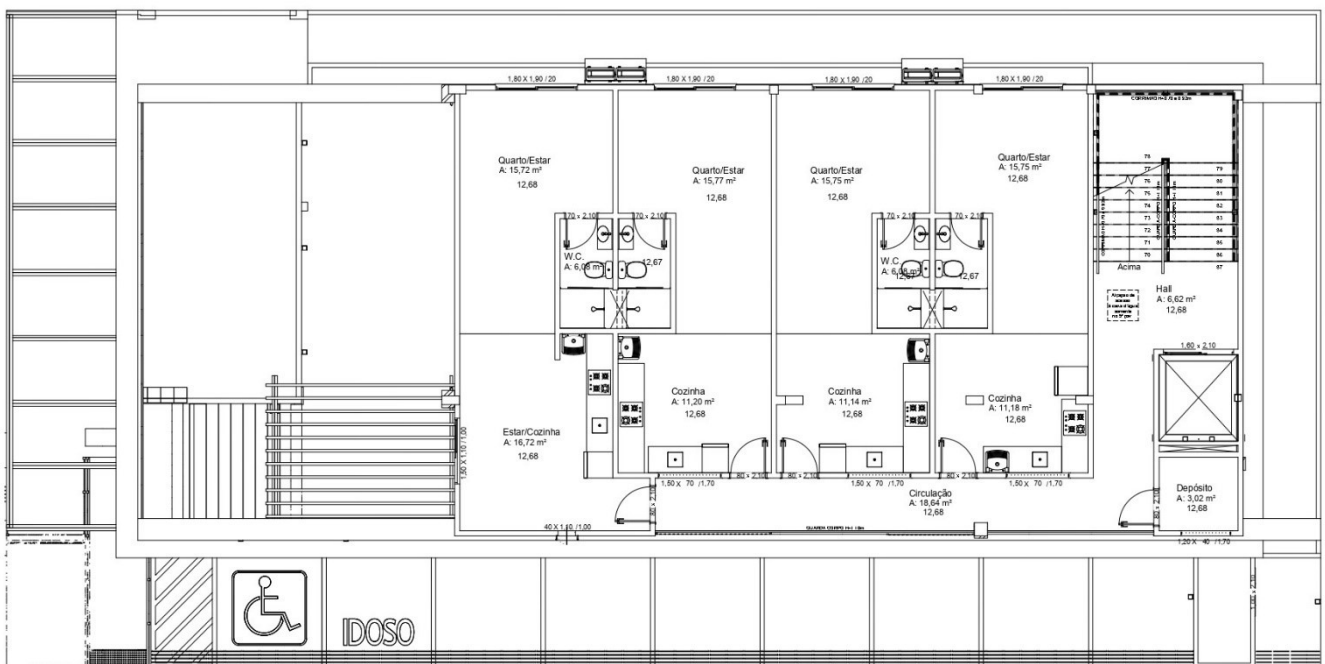
A.2. 2º Pavimento.



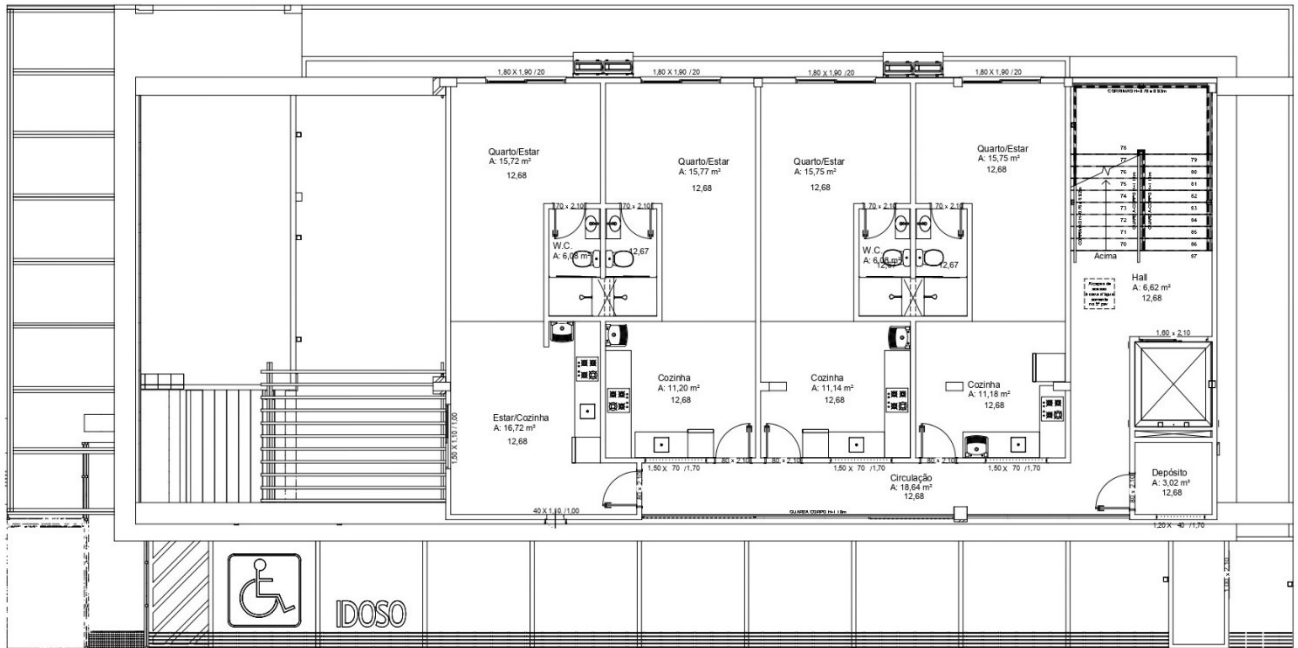
A.3. 3º Pavimento.



A.4. 4º e 5º Pavimento.

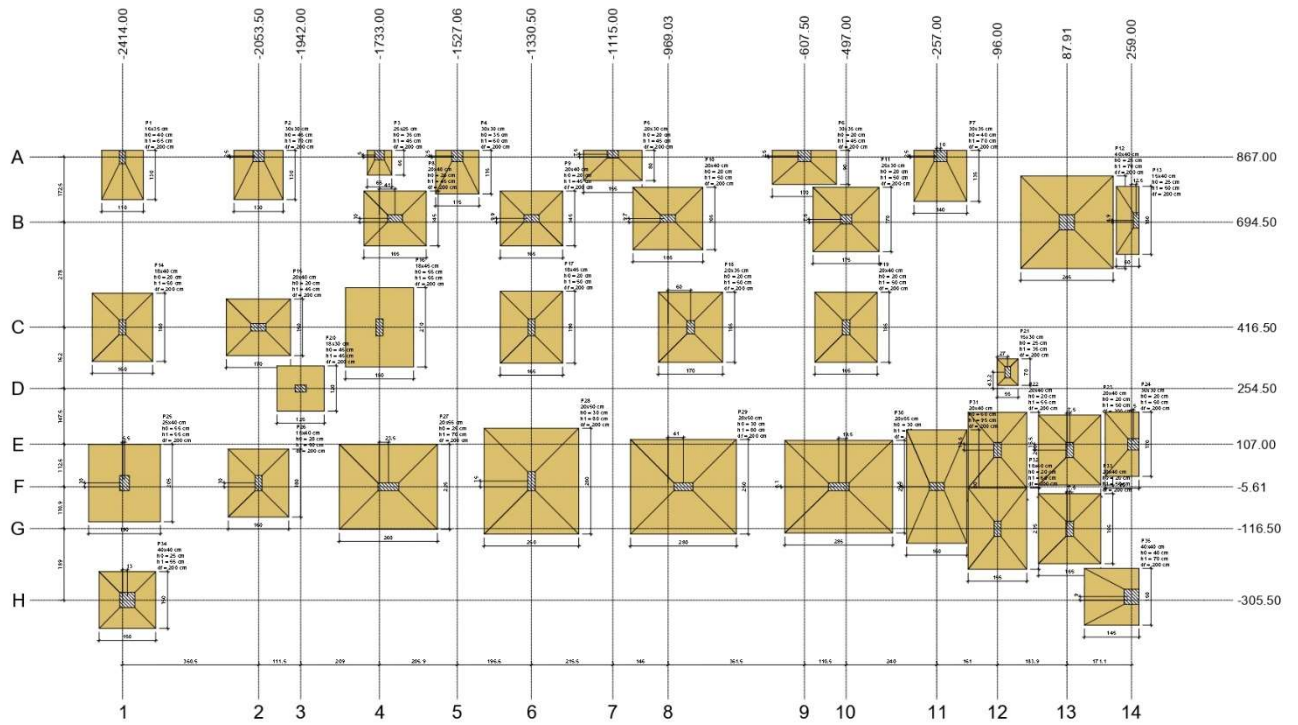


A.5. Pavimento Cobertura.

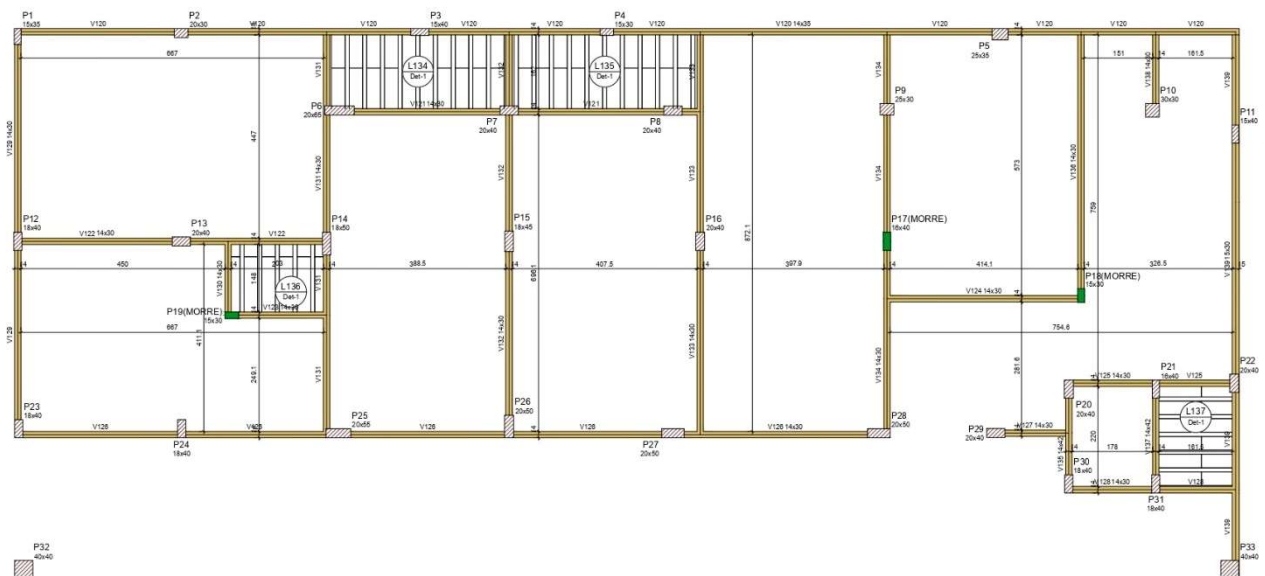


APÊNDICE B – PLANTAS DE LOCAÇÃO E FORMA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

B.1. Locação da Estrutura.



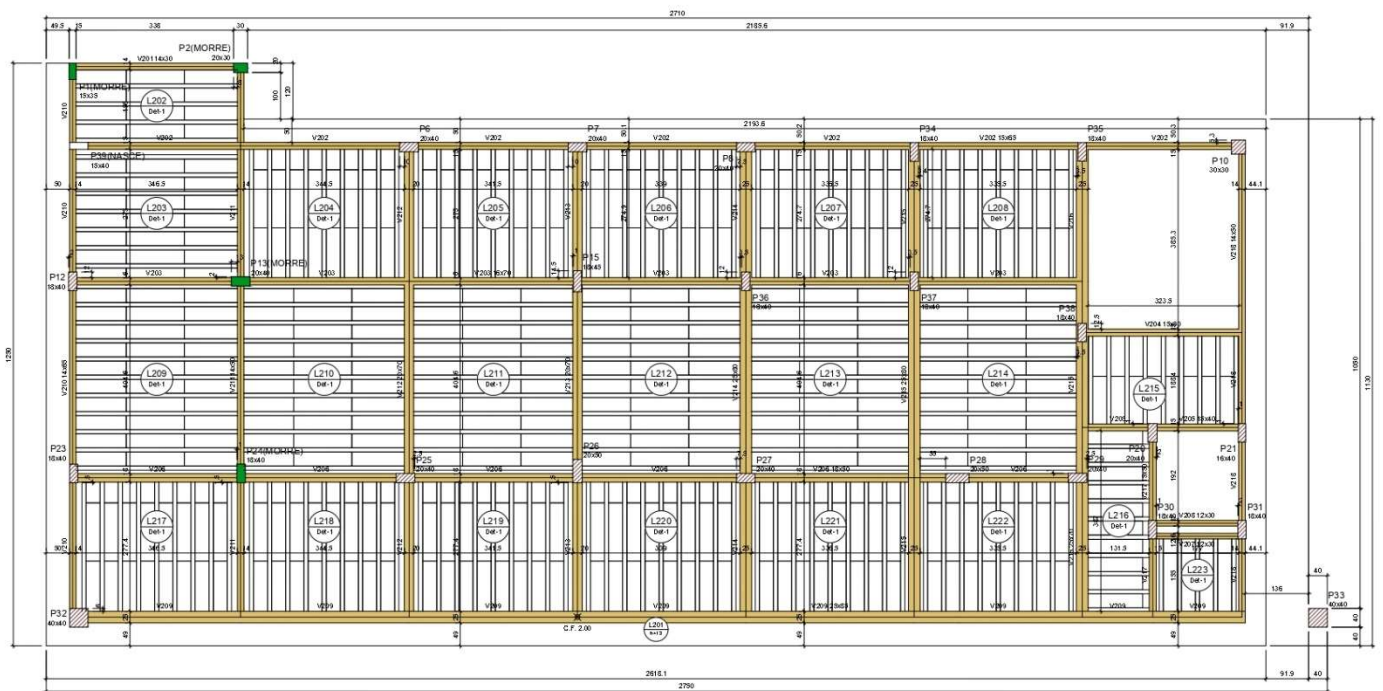
B.2. Forma Pavimento Térreo (intermediário).

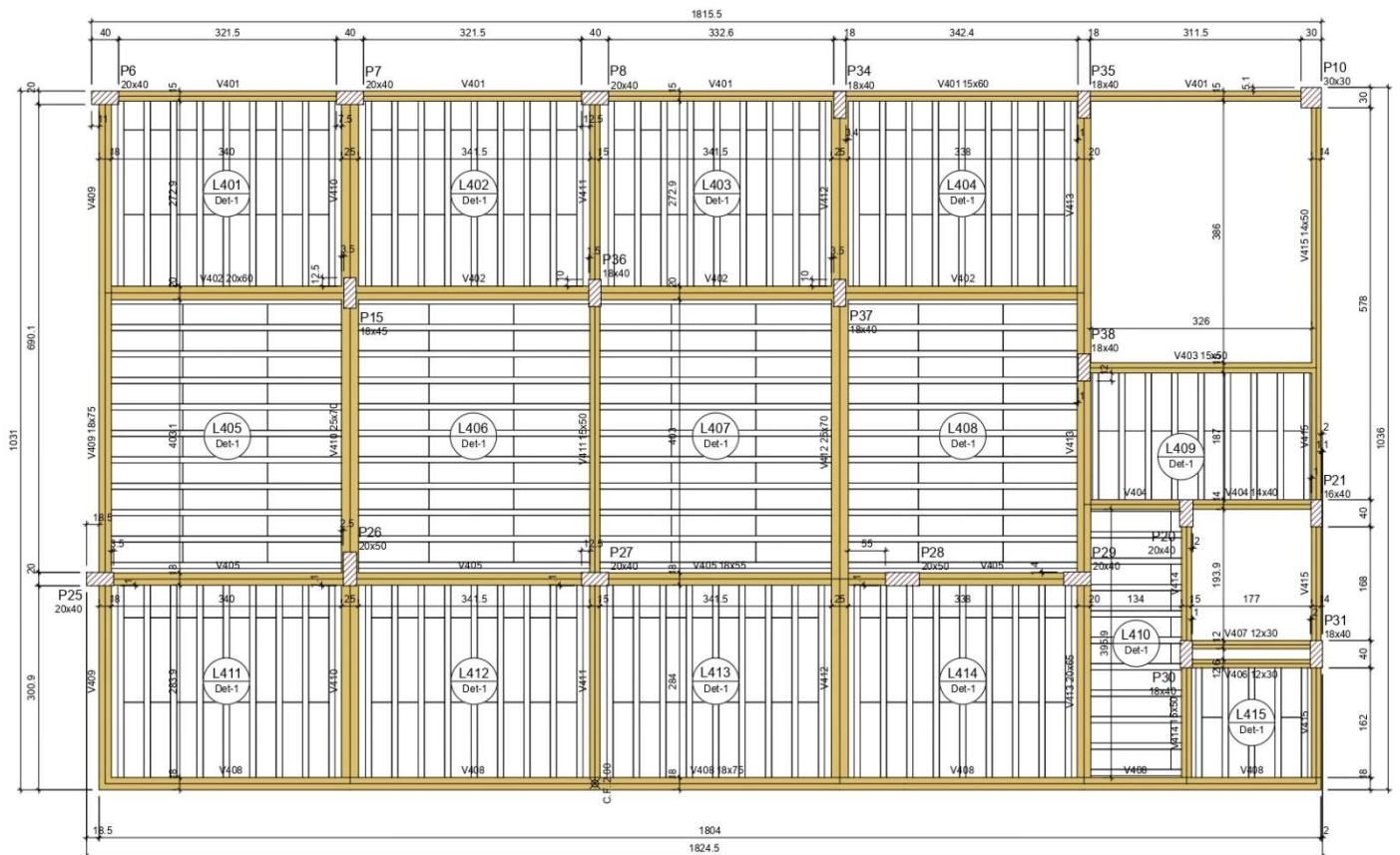


B.3. Forma Pavimento Térreo.



B.4. Forma 2º Pavimento.

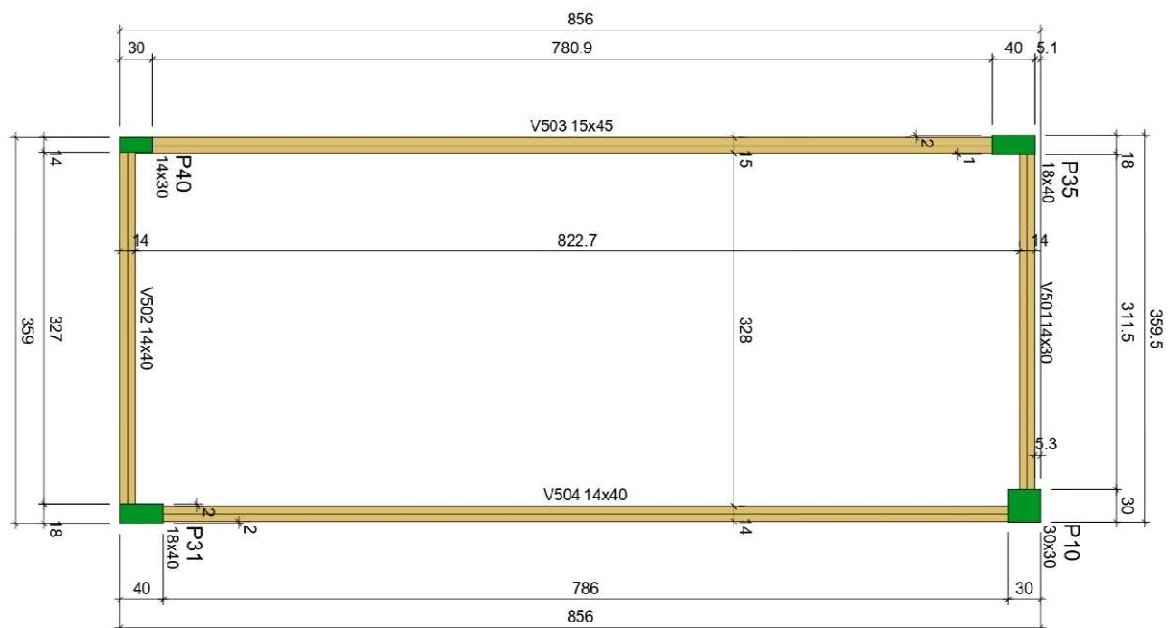




B.7. Forma 5º Pavimento.



B.8. Forma Pavimento Cobertura.



APÊNDICE C – ORÇAMENTO ESTRUTURA EM CONCRETO

ARMADO

TABELA DE ORÇAMENTO ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO											
Referência	Tipo	Código	Descrição	Unid.	Quantidade	Preço Material		Preço Execução		Preço	
						Unitário	Total	Unitário	Total	Unitário	Total
FUNDAÇÃO							R\$ 78.335,76		R\$ 21.888,84		R\$ 100.224,60
ARRANQUE							R\$ 17.286,99		R\$ 4.425,71		R\$ 21.694,69
SINAPI	COMPOSICAO	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	199,70	R\$ 12,47	R\$ 2.490,26	R\$ 1,11	R\$ 221,67	R\$ 13,58	R\$ 2.711,93
SINAPI	COMPOSICAO	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	880,40	R\$ 10,80	R\$ 9.292,32	R\$ 0,73	R\$ 628,09	R\$ 11,53	R\$ 9.920,41
SINAPI	COMPOSICAO	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	188,40	R\$ 13,04	R\$ 2.456,74	R\$ 3,06	R\$ 576,50	R\$ 16,10	R\$ 3.033,24
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1,2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	4,40	R\$ 462,57	R\$ 2.035,31	R\$ 72,54	R\$ 319,18	R\$ 535,11	R\$ 2.354,48
SINAPI	COMPOSICAO	94231	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 10 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	61,80	R\$ 16,09	R\$ 994,36	R\$ 43,37	R\$ 2.660,27	R\$ 59,46	R\$ 3.674,63
SAPATA							R\$ 39.689,69		R\$ 7.405,31		R\$ 47.095,00
SINAPI	COMPOSICAO	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	kg	650,30	R\$ 12,46	R\$ 8.102,74	R\$ 2,83	R\$ 1.840,35	R\$ 15,29	R\$ 9.943,09
SINAPI	COMPOSICAO	96547	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	kg	915,60	R\$ 10,78	R\$ 9.870,17	R\$ 2,16	R\$ 1.977,70	R\$ 12,94	R\$ 11.847,86
SINAPI	COMPOSICAO	96545	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	kg	82,10	R\$ 13,44	R\$ 1.103,42	R\$ 3,68	R\$ 302,13	R\$ 17,12	R\$ 1.405,55
SINAPI	COMPOSICAO	96543	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	kg	12,70	R\$ 13,21	R\$ 167,77	R\$ 6,21	R\$ 78,87	R\$ 19,42	R\$ 246,63
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1,2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	44,20	R\$ 462,57	R\$ 20.445,59	R\$ 72,54	R\$ 3.206,27	R\$ 535,11	R\$ 23.651,86
VIGA							R\$ 21.377,09		R\$ 10.057,83		R\$ 31.434,91
SINAPI	COMPOSICAO	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	326,00	R\$ 12,47	R\$ 4.065,22	R\$ 1,11	R\$ 361,86	R\$ 13,58	R\$ 4.427,08
SINAPI	COMPOSICAO	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	468,30	R\$ 10,80	R\$ 5.057,64	R\$ 0,73	R\$ 341,86	R\$ 11,53	R\$ 5.399,50
SINAPI	COMPOSICAO	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	20,50	R\$ 13,41	R\$ 274,91	R\$ 2,26	R\$ 46,33	R\$ 15,67	R\$ 321,24
SINAPI	COMPOSICAO	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	100,70	R\$ 13,45	R\$ 1.354,42	R\$ 1,60	R\$ 161,12	R\$ 15,05	R\$ 1.515,54
SINAPI	COMPOSICAO	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	163,40	R\$ 13,04	R\$ 2.130,74	R\$ 3,06	R\$ 500,00	R\$ 16,10	R\$ 2.630,74
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1,2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	8,30	R\$ 462,57	R\$ 3.839,33	R\$ 72,54	R\$ 602,08	R\$ 535,11	R\$ 4.441,41
SINAPI	COMPOSICAO	96542	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E=17 MM, 4 UTILIZAÇÕES. AF_06/2017	m²	134,30	R\$ 34,66	R\$ 4.654,84	R\$ 59,90	R\$ 8.044,57	R\$ 94,56	R\$ 12.699,41

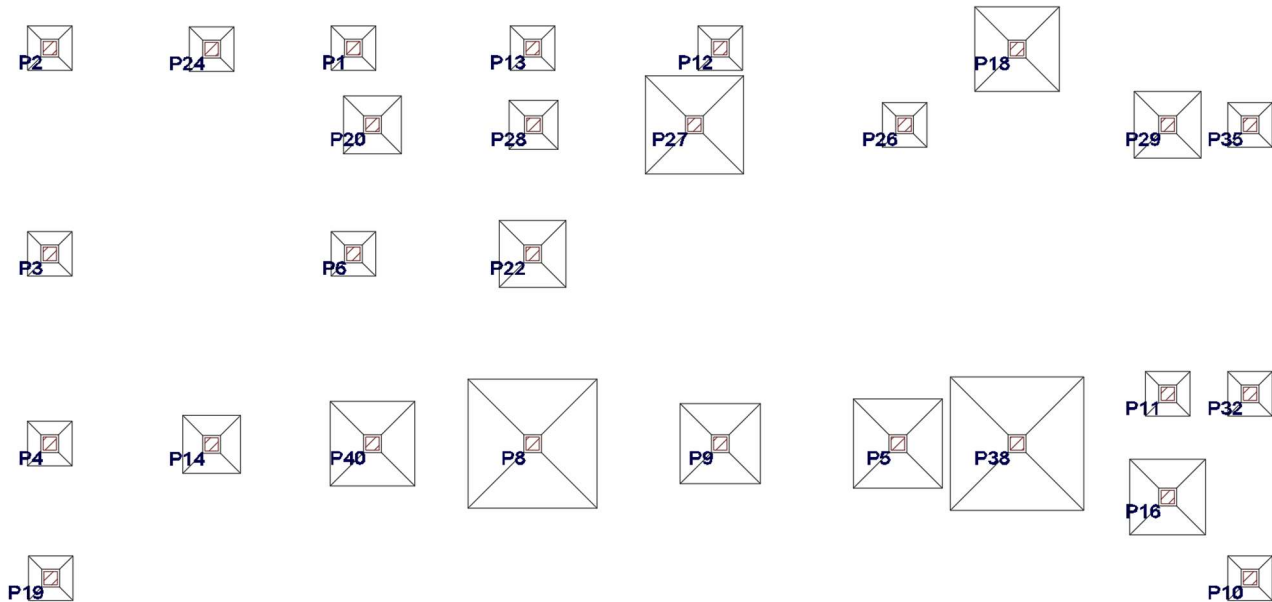
TÉRREO						R\$ 128.619,30		R\$ 47.759,51		R\$ 176.378,81	
PILAR						R\$ 37.757,41		R\$ 13.957,21		R\$ 51.714,62	
SINAPI	COMPOSICAO	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	414,20	R\$ 12,47	R\$ 5.165,07	R\$ 1,11	R\$ 459,76	R\$ 13,58	R\$ 5.624,84
SINAPI	COMPOSICAO	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	1495,80	R\$ 10,80	R\$ 16.154,64	R\$ 0,73	R\$ 1.091,93	R\$ 11,53	R\$ 17.246,57
SINAPI	COMPOSICAO	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	430,60	R\$ 13,04	R\$ 5.615,02	R\$ 3,06	R\$ 1.317,64	R\$ 16,10	R\$ 6.932,66
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1:2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	15,40	R\$ 462,57	R\$ 7.123,58	R\$ 72,54	R\$ 1.117,12	R\$ 535,11	R\$ 8.240,69
SINAPI	COMPOSICAO	92431	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 10 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	229,90	R\$ 16,09	R\$ 3.699,09	R\$ 43,37	R\$ 9.970,76	R\$ 59,46	R\$ 13.669,85
VIGA						R\$ 60.575,46		R\$ 32.849,23		R\$ 93.424,69	
SINAPI	COMPOSICAO	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	381,90	R\$ 12,47	R\$ 4.762,29	R\$ 1,11	R\$ 423,91	R\$ 13,58	R\$ 5.186,20
SINAPI	COMPOSICAO	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	1527,20	R\$ 10,80	R\$ 16.489,76	R\$ 0,73	R\$ 1.114,86	R\$ 11,53	R\$ 17.608,62
SINAPI	COMPOSICAO	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	253,30	R\$ 13,41	R\$ 3.396,75	R\$ 2,26	R\$ 572,46	R\$ 15,67	R\$ 3.969,21
SINAPI	COMPOSICAO	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	699,70	R\$ 13,45	R\$ 9.330,27	R\$ 1,60	R\$ 1.109,92	R\$ 15,05	R\$ 10.440,19
SINAPI	COMPOSICAO	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	505,90	R\$ 13,04	R\$ 6.596,94	R\$ 3,06	R\$ 1.548,05	R\$ 16,10	R\$ 8.144,99
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1:2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	36,40	R\$ 462,57	R\$ 16.837,55	R\$ 72,54	R\$ 2.640,46	R\$ 535,11	R\$ 19.478,00
SINAPI	COMPOSICAO	92479	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA PLASTIFICADA, 18 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	391,80	R\$ 8,06	R\$ 3.157,91	R\$ 64,99	R\$ 25.439,57	R\$ 72,99	R\$ 28.597,48
LAJE						R\$ 30.286,43		R\$ 953,07		R\$ 31.239,50	
SINAPI	COMPOSICAO	92769	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	59,10	R\$ 13,49	R\$ 797,26	R\$ 1,70	R\$ 100,47	R\$ 15,19	R\$ 897,73
SINAPI	COMPOSICAO	92770	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	0,40	R\$ 13,45	R\$ 5,38	R\$ 2,90	R\$ 1,16	R\$ 16,35	R\$ 6,54
SINAPI	COMPOSICAO	92771	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	140,50	R\$ 12,43	R\$ 1.746,42	R\$ 0,73	R\$ 102,57	R\$ 13,16	R\$ 1.848,98
SINAPI	COMPOSICAO	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	59,10	R\$ 13,24	R\$ 782,48	R\$ 2,39	R\$ 141,25	R\$ 15,63	R\$ 923,73
SINAPI	COMPOSICAO	99434	CONCRETAGEM DE LAJES EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES FEITAS COM SISTEMA DE FÔRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO BOMBÁVEL FCK 25 MPa - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2015	m³	19,20	R\$ 554,27	R\$ 10.641,98	R\$ 30,58	R\$ 587,14	R\$ 584,85	R\$ 11.229,12
2º PAVIMENTO						R\$ 81.007,74		R\$ 26.618,85		R\$ 107.626,59	
PILAR						R\$ 14.000,55		R\$ 5.927,55		R\$ 19.928,10	
SINAPI	COMPOSICAO	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	153,60	R\$ 12,47	R\$ 1.915,39	R\$ 1,11	R\$ 170,50	R\$ 13,58	R\$ 2.085,89
SINAPI	COMPOSICAO	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	457,50	R\$ 10,80	R\$ 4.941,00	R\$ 0,73	R\$ 333,98	R\$ 11,53	R\$ 5.274,98
SINAPI	COMPOSICAO	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	178,60	R\$ 13,04	R\$ 2.328,94	R\$ 3,06	R\$ 546,52	R\$ 16,10	R\$ 2.875,46
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1:2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	6,90	R\$ 462,57	R\$ 3.191,73	R\$ 72,54	R\$ 500,53	R\$ 535,11	R\$ 3.692,26
SINAPI	COMPOSICAO	94231	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 10 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	100,90	R\$ 16,09	R\$ 1.623,48	R\$ 43,37	R\$ 4.376,03	R\$ 59,46	R\$ 5.999,51
VIGA						R\$ 34.602,85		R\$ 19.081,86		R\$ 53.684,71	
SINAPI	COMPOSICAO	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	219,20	R\$ 12,47	R\$ 2.733,42	R\$ 1,11	R\$ 243,31	R\$ 13,58	R\$ 2.976,74
SINAPI	COMPOSICAO	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	812,10	R\$ 10,80	R\$ 8.770,68	R\$ 0,73	R\$ 592,83	R\$ 11,53	R\$ 9.363,51
SINAPI	COMPOSICAO	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	269,30	R\$ 13,41	R\$ 3.530,85	R\$ 2,26	R\$ 595,06	R\$ 15,67	R\$ 4.125,91
SINAPI	COMPOSICAO	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	268,20	R\$ 13,45	R\$ 3.607,29	R\$ 1,60	R\$ 429,12	R\$ 15,05	R\$ 4.036,41
SINAPI	COMPOSICAO	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	275,00	R\$ 13,04	R\$ 3.586,00	R\$ 3,06	R\$ 841,50	R\$ 16,10	R\$ 4.427,50
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1:2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	22,80	R\$ 462,57	R\$ 10.546,60	R\$ 72,54	R\$ 1.653,91	R\$ 535,11	R\$ 12.200,51
SINAPI	COMPOSICAO	92479	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA PLASTIFICADA, 18 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	226,80	R\$ 8,06	R\$ 1.828,01	R\$ 64,99	R\$ 14.726,12	R\$ 72,99	R\$ 16.554,13
LAJE						R\$ 32.404,34		R\$ 1.609,44		R\$ 34.013,78	
SINAPI	COMPOSICAO	92771	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	23,30	R\$ 12,43	R\$ 289,62	R\$ 0,73	R\$ 17,01	R\$ 13,16	R\$ 306,63
SINAPI	COMPOSICAO	92772	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	421,50	R\$ 10,75	R\$ 4.531,13	R\$ 0,40	R\$ 168,60	R\$ 11,15	R\$ 4.699,73
SINAPI	COMPOSICAO	92769	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	69,10	R\$ 13,49	R\$ 932,16	R\$ 1,70	R\$ 117,47	R\$ 15,19	R\$ 1.049,63
SINAPI	COMPOSICAO	92770	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	196,90	R\$ 13,45	R\$ 2.648,31	R\$ 2,90	R\$ 571,01	R\$ 16,35	R\$ 3.219,32
SINAPI	COMPOSICAO	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	64,70	R\$ 13,24	R\$ 856,68	R\$ 2,39	R\$ 154,63	R\$ 15,63	R\$ 1.011,26
SINAPI	COMPOSICAO	99434	CONCRETAGEM DE LAJES EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES FEITAS COM SISTEMA DE FÔRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO BOMBÁVEL FCK 25 MPa - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2015	m³	17,75	R\$ 554,27	R\$ 9.838,29	R\$ 30,58	R\$ 542,80	R\$ 584,85	R\$ 10.381,09
SINAPI	COMPOSICAO		EPS UNIDIRECIONAL - B8/30/125	un	511,00	R\$ 12,30	R\$ 6.285,30		R\$ -	R\$ 12,30	R\$ 6.285,30
SINAPI	COMPOSICAO	92267	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	m²	44,10	R\$ 55,42	R\$ 2.444,02	R\$ 0,86	R\$ 37,93	R\$ 56,28	R\$ 2.481,95
SINAPI	COMPOSICAO		TRELIÇA C60 TR 08645	kg	523,90	R\$ 8,74	R\$ 4.578,89		R\$ -	R\$ 8,74	R\$ 4.578,89

5º PAVIMENTO						R\$ 44.718,75		R\$ 17.934,97		R\$ 64.572,65	
PILAR						R\$ 6.077,33		R\$ 3.168,84		R\$ 9.246,16	
SINAPI	COMPOSICAO	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	81,70	R\$ 12,47	R\$ 1.018,80	R\$ 1,11	R\$ 90,69	R\$ 13,58	R\$ 1.109,49
SINAPI	COMPOSICAO	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	127,60	R\$ 10,80	R\$ 1.378,08	R\$ 0,73	R\$ 93,15	R\$ 11,53	R\$ 1.471,23
SINAPI	COMPOSICAO	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	80,00	R\$ 13,04	R\$ 1.043,20	R\$ 3,06	R\$ 244,80	R\$ 16,10	R\$ 1.288,00
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1:2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	3,72	R\$ 462,57	R\$ 1.720,76	R\$ 72,54	R\$ 269,85	R\$ 535,11	R\$ 1.990,61
SINAPI	COMPOSICAO	92431	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 10 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	56,96	R\$ 16,09	R\$ 916,48	R\$ 43,37	R\$ 2.470,36	R\$ 59,46	R\$ 3.386,84
VIGA						R\$ 24.144,54		R\$ 14.258,45		R\$ 38.402,98	
SINAPI	COMPOSICAO	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	236,00	R\$ 12,47	R\$ 2.942,92	R\$ 1,11	R\$ 261,96	R\$ 13,58	R\$ 3.204,88
SINAPI	COMPOSICAO	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	255,30	R\$ 10,80	R\$ 2.757,24	R\$ 0,73	R\$ 186,37	R\$ 11,53	R\$ 2.943,61
SINAPI	COMPOSICAO	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	145,90	R\$ 13,41	R\$ 1.956,52	R\$ 2,26	R\$ 329,73	R\$ 15,67	R\$ 2.286,25
SINAPI	COMPOSICAO	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	327,70	R\$ 13,45	R\$ 4.407,57	R\$ 1,60	R\$ 524,32	R\$ 15,05	R\$ 4.931,89
SINAPI	COMPOSICAO	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	221,70	R\$ 13,04	R\$ 2.890,97	R\$ 3,06	R\$ 678,40	R\$ 16,10	R\$ 3.569,37
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1:2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	16,90	R\$ 462,57	R\$ 7.817,43	R\$ 72,54	R\$ 1.225,93	R\$ 535,11	R\$ 9.043,36
SINAPI	COMPOSICAO	92479	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA PLASTIFICADA, 18 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	170,21	R\$ 8,06	R\$ 1.371,89	R\$ 64,93	R\$ 11.051,74	R\$ 72,99	R\$ 12.423,63
LAJE						R\$ 14.496,89		R\$ 507,68		R\$ 16.923,50	
SINAPI	COMPOSICAO	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	66,40	R\$ 13,24	R\$ 879,14	R\$ 2,39	R\$ 158,70	R\$ 15,63	R\$ 1.037,83
SINAPI	COMPOSICAO	92770	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	17,00	R\$ 13,45	R\$ 228,65	R\$ 2,90	R\$ 49,30	R\$ 16,35	R\$ 277,95
SINAPI	COMPOSICAO	99434	CONCRETAGEM DE LAJES EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES FEITAS COM SISTEMA DE FÓRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL FCK 25 MPa - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2015	m²	9,80	R\$ 554,27	R\$ 5.431,85	R\$ 30,58	R\$ 299,68	R\$ 584,85	R\$ 5.731,53
SINAPI	COMPOSICAO		EPS UNIDIRECIONAL - B8/30/125	un	388,00	R\$ 12,30	R\$ 4.772,40		R\$ -	R\$ 12,30	R\$ 4.938,09
SINAPI	COMPOSICAO		TRELIÇA CA60 TR 08645	kg	364,40	R\$ 8,74	R\$ 3.184,86		R\$ -	R\$ 8,74	R\$ 4.938,09
PAVIMENTO COBERTURA						R\$ 4.793,90		R\$ 3.071,37		R\$ 7.865,27	
PILAR						R\$ 3.198,54		R\$ 1.482,02		R\$ 4.690,56	
SINAPI	COMPOSICAO	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	41,20	R\$ 12,47	R\$ 513,76	R\$ 1,11	R\$ 45,73	R\$ 13,58	R\$ 559,50
SINAPI	COMPOSICAO	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	84,80	R\$ 10,80	R\$ 915,84	R\$ 0,73	R\$ 61,90	R\$ 11,53	R\$ 977,74
SINAPI	COMPOSICAO	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	44,70	R\$ 13,04	R\$ 582,89	R\$ 3,06	R\$ 136,78	R\$ 16,10	R\$ 719,67
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1:2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	1,66	R\$ 462,57	R\$ 767,87	R\$ 72,54	R\$ 120,42	R\$ 535,11	R\$ 888,28
SINAPI	COMPOSICAO	92431	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 10 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	25,99	R\$ 16,09	R\$ 418,18	R\$ 43,37	R\$ 1.127,19	R\$ 59,46	R\$ 1.545,37
VIGA						R\$ 1.595,37		R\$ 1.579,35		R\$ 3.174,72	
SINAPI	COMPOSICAO	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	0,20	R\$ 13,41	R\$ 2,68	R\$ 2,26	R\$ 0,45	R\$ 15,67	R\$ 3,13
SINAPI	COMPOSICAO	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	44,20	R\$ 13,45	R\$ 594,49	R\$ 1,60	R\$ 70,72	R\$ 15,05	R\$ 665,21
SINAPI	COMPOSICAO	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	18,20	R\$ 13,04	R\$ 237,33	R\$ 3,06	R\$ 55,69	R\$ 16,10	R\$ 293,02
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1:2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	1,28	R\$ 462,57	R\$ 592,09	R\$ 72,54	R\$ 92,85	R\$ 535,11	R\$ 684,94
SINAPI	COMPOSICAO	92479	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA PLASTIFICADA, 18 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	20,94	R\$ 8,06	R\$ 168,78	R\$ 64,93	R\$ 1.359,63	R\$ 72,99	R\$ 1.528,41

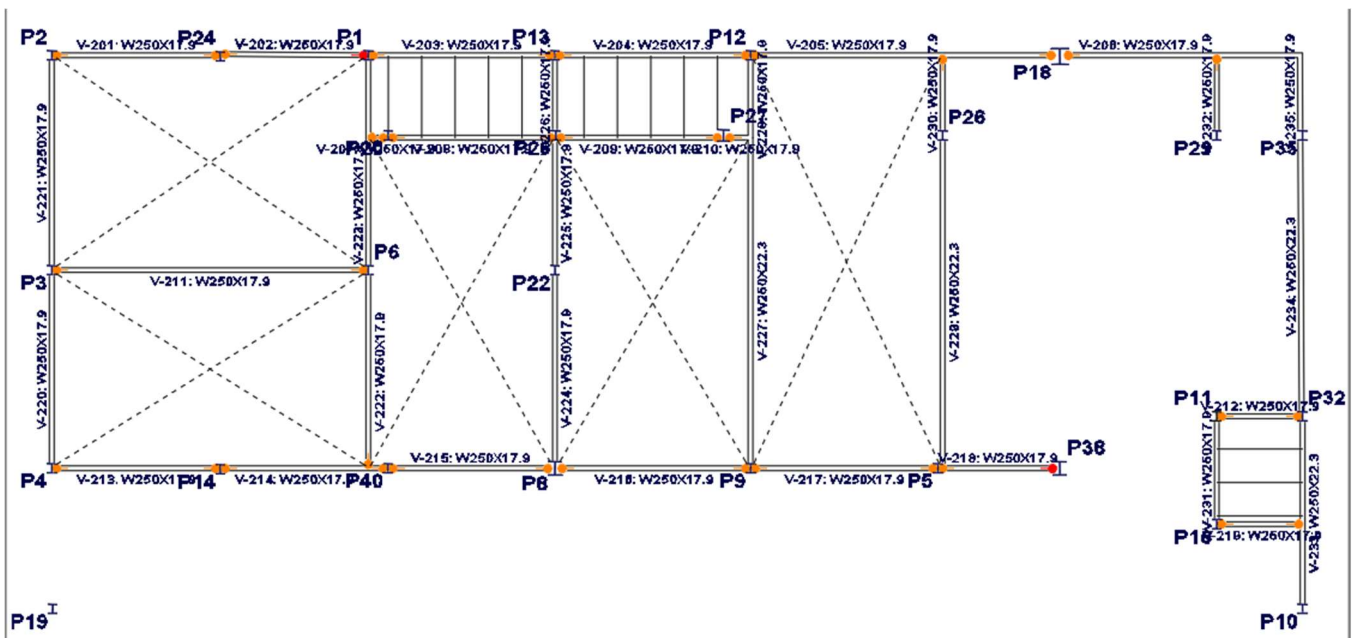
SINAPI	COMPOSICAO	92770	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	87,40	R\$ 13,45	R\$ 1.175,53	R\$ 2,90	R\$ 253,46	R\$ 16,35	R\$ 1.428,99
SINAPI	COMPOSICAO	92771	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	50,80	R\$ 12,43	R\$ 631,44	R\$ 0,73	R\$ 37,08	R\$ 13,16	R\$ 668,53
SINAPI	COMPOSICAO	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	30,00	R\$ 13,24	R\$ 397,20	R\$ 2,39	R\$ 71,70	R\$ 15,63	R\$ 468,90
SINAPI	COMPOSICAO	99434	CONCRETAGEM DE LAJES EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES FEITAS COM SISTEMA DE FÓRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL FCK 25 MPa - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2015	m²	8,90	R\$ 554,27	R\$ 4.933,00	R\$ 30,58	R\$ 272,16	R\$ 584,85	R\$ 5.205,17
SINAPI	COMPOSICAO		EPS UNIDIRECIONAL - B8/30/125	un	356,00	R\$ 12,30	R\$ 4.378,80		R\$ -	R\$ 12,30	R\$ 4.378,80
SINAPI	COMPOSICAO		TRELIÇA CA60 TR 08645	kg	354,80	R\$ 8,74	R\$ 3.100,95		R\$ -	R\$ 8,74	R\$ 3.100,95

APÊNDICE D – PLANTAS DE LOCAÇÃO E FORMA ESTRUTURA MISTA DE AÇO E CONCRETO

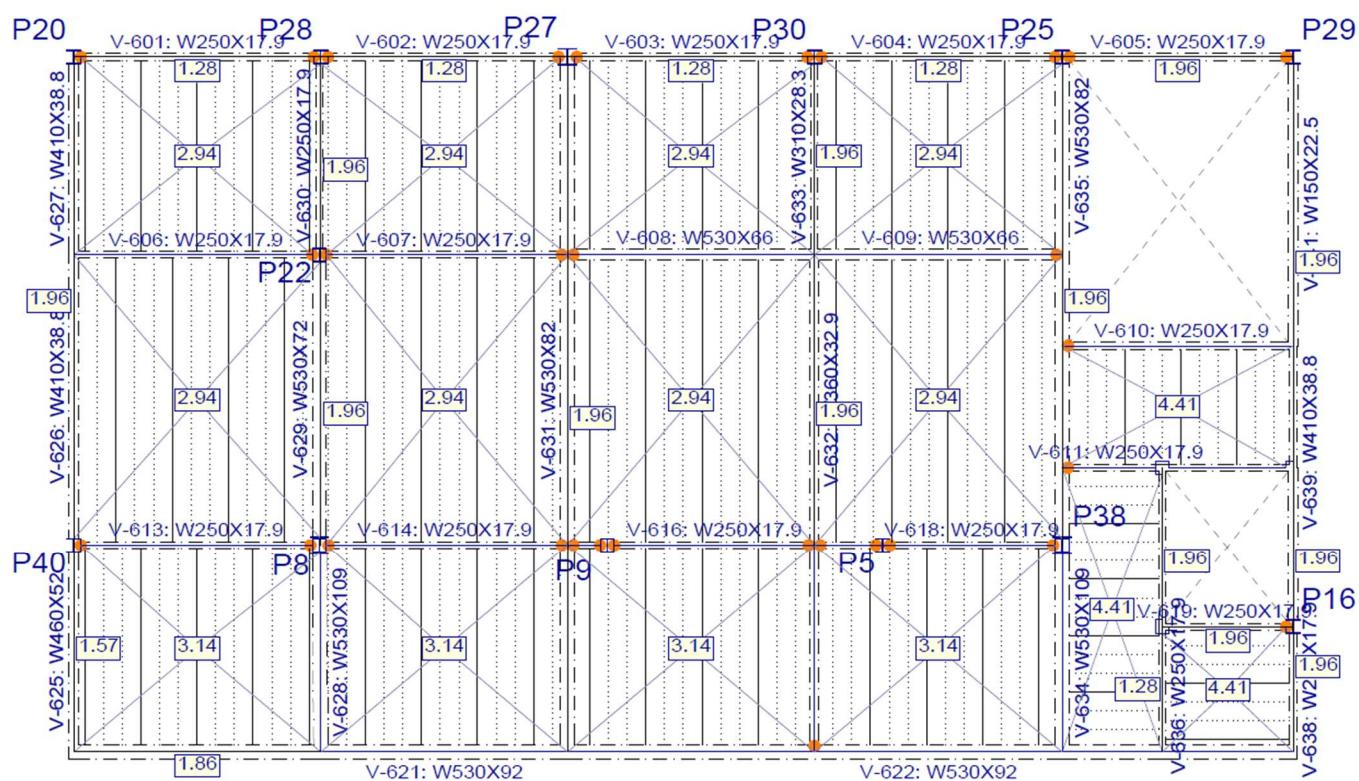
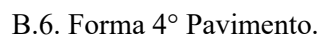
B.1. Planta de Locação.



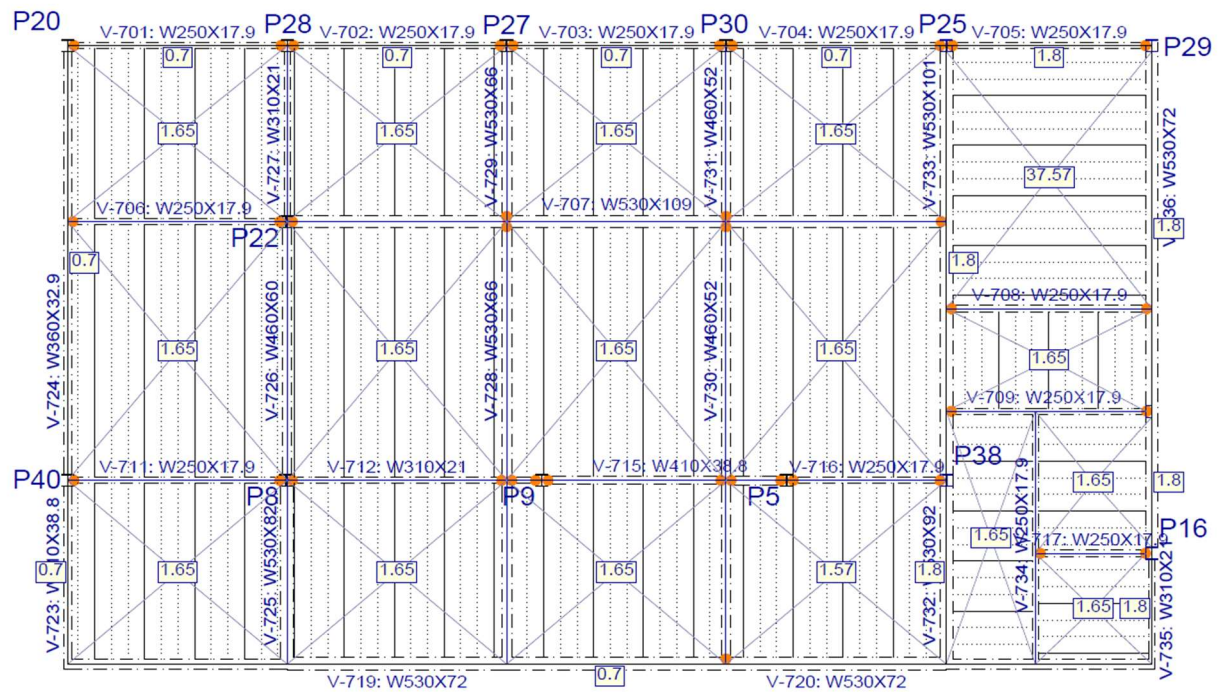
B.2. Forma Pavimento Térreo (intermediário).



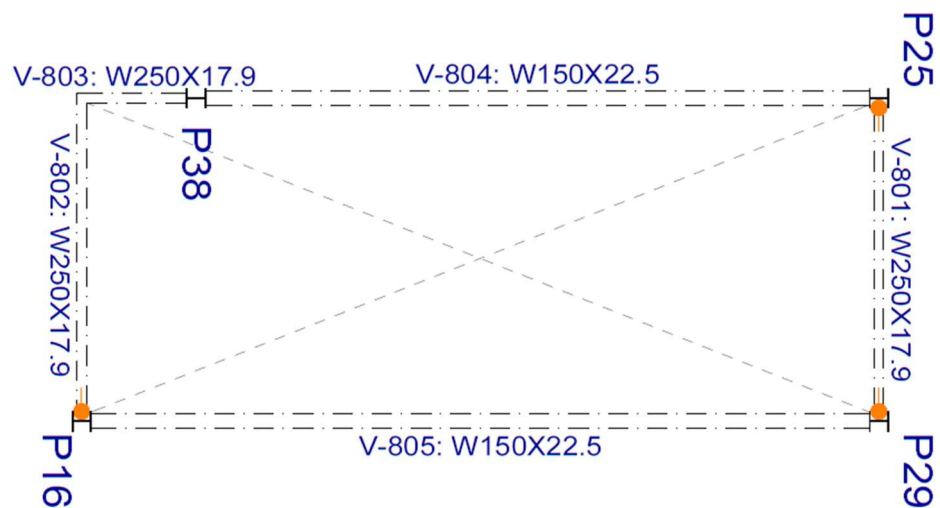




B.7. Forma 5° Pavimento.



B.8. Forma Pavimento Cobertura.



APÊNDICE E – ORÇAMENTO ESTRUTURA MISTA DE AÇO E CONCRETO

TABELA DE ORÇAMENTO ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO											
Referência	Tipo	Código	Descrição	Unid.	Quantidade	Preço Material		Preço Execução		Preço	
						Unitário	Total	Unitário	Total	Unitário	Total
FUNDAÇÃO							R\$ 33.433,91		R\$ 12.403,05		R\$ 45.836,95
SAPATA							R\$ 20.831,68		R\$ 3.829,29		R\$ 24.660,97
SINAPI	COMPOSICAO	96546	ARMAÇÃO DE ESTRUTURAS DIVERSAS DE CONCRETO ARMADO, EXCETO VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÕES, UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	505,49	R\$ 12,46	R\$ 6.298,41	R\$ 2,83	R\$ 1.430,54	R\$ 15,29	R\$ 7.728,94
SINAPI	COMPOSICAO	96547	ARMAÇÃO DE ESTRUTURAS DIVERSAS DE CONCRETO ARMADO, EXCETO VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÕES, UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	218,92	R\$ 10,78	R\$ 2.359,96	R\$ 2,16	R\$ 472,87	R\$ 12,94	R\$ 2.832,82
SINAPI	COMPOSICAO	96548	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	kg	38,86	R\$ 10,69	R\$ 415,41	R\$ 1,57	R\$ 61,01	R\$ 12,26	R\$ 476,42
SINAPI	COMPOSICAO	96549	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	Kg	27,85	R\$ 12,47	R\$ 347,29	R\$ 1,16	R\$ 32,31	R\$ 13,63	R\$ 379,60
SINAPI	COMPOSICAO	96543	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	kg	10,43	R\$ 13,21	R\$ 137,78	R\$ 6,21	R\$ 64,77	R\$ 19,42	R\$ 202,55
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1:2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	24,37	R\$ 462,57	R\$ 11.272,83	R\$ 72,54	R\$ 1.767,80	R\$ 535,11	R\$ 13.040,63
VIGA							R\$ 12.602,23		R\$ 8.573,76		R\$ 21.175,99
SINAPI	COMPOSICAO	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	9,20	R\$ 12,47	R\$ 114,72	R\$ 1,11	R\$ 10,21	R\$ 13,58	R\$ 124,94
SINAPI	COMPOSICAO	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	6,90	R\$ 13,41	R\$ 92,53	R\$ 2,26	R\$ 15,59	R\$ 15,67	R\$ 108,12
SINAPI	COMPOSICAO	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	209,50	R\$ 13,45	R\$ 2.817,78	R\$ 1,60	R\$ 335,20	R\$ 15,05	R\$ 3.152,98
SINAPI	COMPOSICAO	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	172,50	R\$ 13,04	R\$ 2.249,40	R\$ 3,06	R\$ 527,85	R\$ 16,10	R\$ 2.777,25
SINAPI	COMPOSICAO	94972	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1:2,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	6,85	R\$ 462,57	R\$ 3.168,60	R\$ 72,54	R\$ 496,90	R\$ 535,11	R\$ 3.665,50
SINAPI	COMPOSICAO	96542	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E=17 MM, 4 UTILIZAÇÕES. AF_06/2017	m²	120,00	R\$ 34,66	R\$ 4.159,20	R\$ 59,90	R\$ 7.188,00	R\$ 94,56	R\$ 11.347,20
TÉRREO							R\$ 324.219,06		R\$ 60.050,26		R\$ 384.269,31
PILAR							R\$ 59.923,00		R\$ 7.345,40		R\$ 67.268,40
SINAPI	COMPOSICAO	100765	PILAR METÁLICO PERFIL LAMINADO/SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL, COM CONEXÕES PARAFUSADAS, INCLUSOS MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PSA	kg	3866,00	R\$ 15,50	R\$ 59.923,00	R\$ 1,90	R\$ 7.345,40	R\$ 17,40	R\$ 67.268,40
VIGA							R\$ 199.496,17		R\$ 52.230,30		R\$ 251.726,47
SINAPI	COMPOSICAO	100763	VIGA METÁLICA EM PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL, COM CONEXÕES PARAFUSADAS, INCLUSOS MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PSA	kg	13090,30	R\$ 15,24	R\$ 199.496,17	R\$ 3,99	R\$ 52.230,30	R\$ 19,23	R\$ 251.726,47
LAJE							R\$ 64.799,89		R\$ 474,56		R\$ 65.274,45
SINAPI	COMPOSICAO	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	26,53	R\$ 13,24	R\$ 351,26	R\$ 2,39	R\$ 63,41	R\$ 15,63	R\$ 414,66
SINAPI	COMPOSICAO	92767	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 4,2 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	22,81	R\$ 14,39	R\$ 328,24	R\$ 3,01	R\$ 68,66	R\$ 17,40	R\$ 396,89
		-	PAINEL STEEL DECK 75 8.00 mm	m²	302,89	R\$ 191,20	R\$ 57.912,57		R\$ -	R\$ 191,20	R\$ 57.912,57
SINAPI	COMPOSICAO	99434	CONCRETAGEM DE LAJES EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES FEITAS COM SISTEMA DE FÔRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL FCK 25 MPa - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2015	m³	11,20	R\$ 554,27	R\$ 6.207,82	R\$ 30,58	R\$ 342,50	R\$ 584,85	R\$ 6.550,32
2º PAVIMENTO							R\$ 145.789,30		R\$ 30.154,32		R\$ 175.943,63
PILAR							R\$ 48.933,50		R\$ 5.998,30		R\$ 54.931,80
SINAPI	COMPOSICAO	100765	PILAR METÁLICO PERFIL LAMINADO/SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL, COM CONEXÕES PARAFUSADAS, INCLUSOS MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PSA	kg	3157,00	R\$ 15,50	R\$ 48.933,50	R\$ 1,90	R\$ 5.998,30	R\$ 17,40	R\$ 54.931,80
VIGA							R\$ 90.749,32		R\$ 23.759,17		R\$ 114.508,50
SINAPI	COMPOSICAO	100763	VIGA METÁLICA EM PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL, COM CONEXÕES PARAFUSADAS, INCLUSOS MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PSA	kg	5954,68	R\$ 15,24	R\$ 90.749,32	R\$ 3,99	R\$ 23.759,17	R\$ 19,23	R\$ 114.508,50
LAJE							R\$ 6.106,48		R\$ 396,85		R\$ 6.503,33
SINAPI	COMPOSICAO	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	25,84	R\$ 13,24	R\$ 342,12	R\$ 2,39	R\$ 61,76	R\$ 15,63	R\$ 403,88
SINAPI	COMPOSICAO	92767	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 4,2 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	7,70	R\$ 14,39	R\$ 110,80	R\$ 3,01	R\$ 23,18	R\$ 17,40	R\$ 133,98
SINAPI	COMPOSICAO	99434	CONCRETAGEM DE LAJES EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES FEITAS COM SISTEMA DE FÔRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL FCK 25 MPa - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2015	m³	10,20	R\$ 554,27	R\$ 5.653,55	R\$ 30,58	R\$ 311,92	R\$ 584,85	R\$ 5.965,47

3º PAVIMENTO							R\$ 178.392,28		R\$ 32.783,72		R\$ 221.144,89
PILAR							R\$ 42.392,50		R\$ 5.196,50		R\$ 47.589,00
SINAPI	COMPOSICAO	100765	PILAR METÁLICO PERFIL LAMINADO/SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL COM CONEXÕES PARAFUSADAS, INCLUSIVE MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PSA	lg	2735,00	R\$ 15,50	R\$ 42.392,50	R\$ 1,90	R\$ 5.196,50	R\$ 17,40	R\$ 47.589,00
VIGA							R\$ 103.259,53		R\$ 27.034,48		R\$ 130.294,02
SINAPI	COMPOSICAO	100763	VIGA METÁLICA EM PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL COM CONEXÕES PARAFUSADAS, INCLUSIVE MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PSA	lg	6775,56	R\$ 15,24	R\$ 103.259,53	R\$ 3,99	R\$ 27.034,48	R\$ 19,23	R\$ 130.294,02
LAJE							R\$ 32.740,24		R\$ 55,274		R\$ 43.261,87
SINAPI	COMPOSICAO	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-80 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	lg	54,97	R\$ 13,24	R\$ 727,80	R\$ 2,39	R\$ 131,38	R\$ 15,63	R\$ 859,18
SINAPI	COMPOSICAO	92767	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-80 DE 4,2 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	lg	5,05	R\$ 14,39	R\$ 72,67	R\$ 3,01	R\$ 15,20	R\$ 17,40	R\$ 87,87
SINAPI	COMPOSICAO	92769	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	lg	1,00	R\$ 13,49	R\$ 13,49	R\$ 1,70	R\$ 1,70	R\$ 15,19	R\$ 15,19
SINAPI	COMPOSICAO	92770	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	lg	0,96	R\$ 13,45	R\$ 12,91	R\$ 2,90	R\$ 2,78	R\$ 16,35	R\$ 15,70
SINAPI	COMPOSICAO	92773	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	lg	407,90	R\$ 10,65	R\$ 4.344,14	R\$ 0,34	R\$ 138,69	R\$ 10,99	R\$ 4.482,82
		-	PAINEL STEEL DECK 75 8.00 mm	m²	119,26	R\$ 191,20	R\$ 22.802,51		R\$ -	R\$ 191,20	R\$ 22.802,51
		-	PAINEL STEEL DECK 75 0.95 mm	m²	43,91	R\$ 227,03				R\$ 227,03	R\$ 9.968,89
SINAPI	COMPOSICAO	99434	CONCRETAGEM DE LAJES EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES FEITAS COM SISTEMA DE FÓRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL FOX 25 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2015	m³	8,60	R\$ 554,27	R\$ 4.766,72	R\$ 30,58	R\$ 262,99	R\$ 584,85	R\$ 5.029,71
4º PAVIMENTO							R\$ 179.772,73		R\$ 31.312,56		R\$ 311.721,65
PILAR							R\$ 33.356,00		R\$ 4.088,80		R\$ 37.444,80
SINAPI	COMPOSICAO	100765	PILAR METÁLICO PERFIL LAMINADO/SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL COM CONEXÕES PARAFUSADAS, INCLUSIVE MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PSA	lg	2152,00	R\$ 15,50	R\$ 33.356,00	R\$ 1,90	R\$ 4.088,80	R\$ 17,40	R\$ 37.444,80
VIGA							R\$ 101.326,19		R\$ 26.528,31		R\$ 127.854,50
SINAPI	COMPOSICAO	100763	VIGA METÁLICA EM PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL COM CONEXÕES PARAFUSADAS, INCLUSIVE MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PSA	lg	6648,70	R\$ 15,24	R\$ 101.326,19	R\$ 3,99	R\$ 26.528,31	R\$ 19,23	R\$ 127.854,50
LAJE							R\$ 45.090,54		R\$ 69,544		R\$ 146.422,35
SINAPI	COMPOSICAO	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-80 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	lg	54,17	R\$ 13,24	R\$ 717,21	R\$ 2,39	R\$ 129,47	R\$ 15,63	R\$ 846,88
SINAPI	COMPOSICAO	92767	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-80 DE 4,2 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	lg	4,88	R\$ 14,39	R\$ 70,22	R\$ 3,01	R\$ 14,69	R\$ 17,40	R\$ 84,91
SINAPI	COMPOSICAO	92773	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	lg	416,59	R\$ 10,65	R\$ 4.436,68	R\$ 0,34	R\$ 141,64	R\$ 10,99	R\$ 4.578,32
		-	PAINEL STEEL DECK 75 8.00 mm	m²	98,57	R\$ 191,20	R\$ 18.846,58		R\$ -	R\$ 191,20	R\$ 36.557,44
		-	PAINEL STEEL DECK 75 1.25 mm	m²	21,04	R\$ 298,68	R\$ 6.284,23		R\$ -	R\$ 298,68	R\$ 89.209,74
		-	PAINEL STEEL DECK 75 0.95 mm	m²	43,91	R\$ 227,03	R\$ 9.968,89	R\$ 3,34	R\$ 146,66	R\$ 230,37	R\$ 10.115,55
SINAPI	COMPOSICAO	99434	CONCRETAGEM DE LAJES EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES FEITAS COM SISTEMA DE FÓRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL FOX 25 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2015	m³	8,60	R\$ 554,27	R\$ 4.766,72	R\$ 30,58	R\$ 262,99	R\$ 584,85	R\$ 5.029,71
5º PAVIMENTO							R\$ 184.255,32		R\$ 32.721,81		R\$ 216.977,23
PILAR							R\$ 29.636,00		R\$ 3.632,80		R\$ 33.268,80
SINAPI	COMPOSICAO	100765	PILAR METÁLICO PERFIL LAMINADO/SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL COM CONEXÕES PARAFUSADAS, INCLUSIVE MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PSA	lg	1912,00	R\$ 15,50	R\$ 29.636,00	R\$ 1,90	R\$ 3.632,80	R\$ 17,40	R\$ 33.268,80
VIGA							R\$ 109.071,00		R\$ 28.555,99		R\$ 137.626,99
SINAPI	COMPOSICAO	100763	VIGA METÁLICA EM PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL COM CONEXÕES PARAFUSADAS, INCLUSIVE MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PSA	lg	7156,89	R\$ 15,24	R\$ 109.071,00	R\$ 3,99	R\$ 28.555,99	R\$ 19,23	R\$ 137.626,99
LAJE							R\$ 45.548,32		R\$ 53,311		R\$ 46.081,43
SINAPI	COMPOSICAO	92767	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-80 DE 4,2 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	lg	51,89	R\$ 14,39	R\$ 746,70	R\$ 3,01	R\$ 156,19	R\$ 17,40	R\$ 902,89
SINAPI	COMPOSICAO	92769	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	lg	0,59	R\$ 13,49	R\$ 7,96	R\$ 1,70	R\$ 1,00	R\$ 15,19	R\$ 8,96
SINAPI	COMPOSICAO	92772	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	lg	244,11	R\$ 10,75	R\$ 2.624,18	R\$ 0,40	R\$ 97,64	R\$ 11,15	R\$ 2.721,83
		-	PAINEL STEEL DECK 75 8.00 mm	m²	161,32	R\$ 191,20	R\$ 30.844,38		R\$ -	R\$ 191,20	R\$ 30.844,38
		-	PAINEL STEEL DECK 75 1.25 mm	m²	21,03	R\$ 298,68	R\$ 6.281,24		R\$ -	R\$ 298,68	R\$ 6.281,24
SINAPI	COMPOSICAO	99434	CONCRETAGEM DE LAJES EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES FEITAS COM SISTEMA DE FÓRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL FOX 25 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2015	m³	9,10	R\$ 554,27	R\$ 5.043,86	R\$ 30,58	R\$ 278,28	R\$ 584,85	R\$ 5.322,14
PAVIMENTO COBERTURA							R\$ 18.805,01		R\$ 3.115,68		R\$ 19.920,69
PILAR							R\$ 9.222,50		R\$ 1.130,50		R\$ 10.353,00
SINAPI	COMPOSICAO	100765	PILAR METÁLICO PERFIL LAMINADO/SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL COM CONEXÕES PARAFUSADAS, INCLUSIVE MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PSA	lg	595,00	R\$ 15,50	R\$ 9.222,50	R\$ 1,90	R\$ 1.130,50	R\$ 17,40	R\$ 10.353,00
VIGA							R\$ 7.582,51		R\$ 1.985,18		R\$ 9.567,69
SINAPI	COMPOSICAO	100763	VIGA METÁLICA EM PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL COM CONEXÕES PARAFUSADAS, INCLUSIVE MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PSA	lg	497,54	R\$ 15,24	R\$ 7.582,51	R\$ 3,99	R\$ 1.985,18	R\$ 19,23	R\$ 9.567,69