

1.1.1.1.1 ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E ESTRUTURAS METÁLICAS EM OBRAS RESIDENCIAIS

MARCIANO, Amanda de Kássia

Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (amandamarciano38@gmail.com)

BARONI, Ana Carolina Alves

Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (anacarolinabaroni22@gmail.com)

ARAÚJO, Lucas Gabriel Ferreira

Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (lgengcivil@hotmail.com)

ARAÚJO, Matheus Ferreira de Andrade

Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (matheusfa266@gmail.com)

SILVA, Agnaldo Antonio Moreira Teodoro da,

Professor Mestre, Bacharel em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (agnaldo.silva@docente.unievangelica.edu.br)

RESUMO

O presente artigo trata-se de um estudo comparativo entre o uso de estruturas de concreto armado e estruturas metálicas na construção de residências, considerando as vantagens e desvantagens de cada método. Esse estudo visa ampliar os conhecimentos acerca de métodos não convencionais no Brasil, como o aço, que apesar de ser amplamente utilizado, ainda é pouco explorado em edificações residenciais unifamiliares e pode ser uma alternativa viável, tratando-se de tempo de construção, sustentabilidade e modernidade. Para a análise dos estudos comparativos foram observados os resultados de pesquisas realizadas anteriormente por Alvarenga e Gomes e diante desses resultados é possível perceber uma predominância de estruturas de concreto armado, devido aos custos menores e a mão de obra facilmente encontrada. Entretanto, as estruturas metálicas vêm sendo mais executadas no país, e apesar do seu custo mais elevado quando comparado com o concreto armado, esse método construtivo pode trazer muitas inovações e melhorias na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas Metálicas, Concreto Armado, Aço, Métodos Construtivos.

1 INTRODUÇÃO

Estrutura é a parte ou a ligação das partes de uma construção que se destina a resistir as cargas. Cada parte portante da construção, também denominado elemento estrutural, deve resistir aos esforços incidentes e transmiti-los a outros elementos através dos vínculos que os unem, com a finalidade de conduzi-los ao solo (DIAS, 2006).

Os elementos estruturais são as peças que compõem uma estrutura, responsáveis pela estabilidade e sustento da edificação. O conjunto de elementos estruturais pode ser chamado de sistema estrutural e seu comportamento pode variar dependendo dos materiais que serão utilizados em sua fabricação. Cada método construtivo, apresenta suas vantagens e desvantagens que são explorados de diversas maneiras na engenharia civil.

Existem diversas formas de se construir obras residenciais, tratando-se tanto de estruturas como de fechamentos. No Brasil, há a predominância de residências de estruturas de concreto armado com vedação de alvenaria. A razão principal dessa predominância é o fato da mão de obra ser abundante e os materiais serem acessíveis e financeiramente mais viáveis. Além disso, o concreto armado é um material resistente, flexível e de fácil trabalhabilidade.

Apesar do domínio do concreto armado, existem outros métodos construtivos começando a se destacar no mercado brasileiro para a construção de obras residenciais, entre esses métodos estão as estruturas metálicas. O uso do aço em conjunto com outros materiais é uma alternativa ágil e inovadora, pois sua aplicação otimiza e acelera o processo de construção, gerando retorno rápido e uma construção mais limpa e rápida (BELLEI; PINHO; PINHO, 2008).

As propriedades do aço são de essencial importância no ramo de estruturas metálicas, pois o projeto e a execução são baseados nelas. Dentre as principais propriedades do aço estão a dureza, a superfície do material que oferece resistência à penetração de uma peça com dureza maior. Essas propriedades fazem com que as estruturas de aço tenham um peso próprio mais baixo quando comparado ao concreto, porém com alta resistência (FERRAZ, 2003). Outro fator que faz com que as estruturas de aço sejam vantajosas e incentivadas no mercado é em relação à sustentabilidade. o aço é um material reciclável, e suas peças podem ser reutilizadas, diferentemente do concreto, onde os materiais não são recicláveis, e as peças dificilmente conseguem ser reaproveitadas. Além disso, o processo de montagem da estrutura é limpo e racional, o que evita o acúmulo de entulhos no canteiro.

Diante disso, esse trabalho tem o objetivo de apresentar os métodos de construção utilizando estruturas de concreto armado e estruturas metálicas, analisando as vantagens e desvantagens de cada método, considerando os custos, a facilidade de acesso, mão de obra, tempo de execução, sustentabilidade e retorno financeiro. Para isso, fez-se um estudo comparativo entre e dois modelos estruturais para um mesmo projeto arquitetônico, sendo um em estrutura de concreto armado, e o outro em estrutura metálica. Inicialmente, para a fundamentação teórica do artigo, foram realizadas pesquisas sobre os métodos construtivos escolhidos, e também foram analisados resultados obtidos por estudos comparativos semelhantes realizados anteriormente por Arthur Filipe Freire Gomes e Maria Cláudia Sousa Alvarenga, no artigo “Estruturas Metálicas versus Estruturas em Concreto Armado” (2018); Paulo Henrique Oliveira, no trabalho de conclusão de curso “Estudo de viabilidade de estruturas metálicas ou em concreto armado”(2018); e, Rafael Pormpermayer, no trabalho de conclusão de curso “Análise comparativa entre estruturas metálicas e estruturas de concreto armado” (2018).

Baseado nessas fundamentações teóricas, foi realizado um estudo de caso, onde foi feito uma comparação entre dois modelos estruturais para uma edificação residencial de dois pavimentos. Os modelos escolhidos foram a estrutura convencional de concreto armado, amplamente utilizada no Brasil e a estrutura metálica, que vem cada vez mais crescendo no mercado nacional, porém ainda não tão utilizada em obras residenciais. Para o estudo comparativo foi elaborado um orçamento e um cronograma para cada método, afim de compara-los em relação a preços, mão de obra e tempo de execução.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCRETO ARMADO

As estruturas de concreto são comuns no mundo todo, sendo o tipo de estrutura predominante no Brasil. Comparada a estruturas com outros materiais, a disponibilidade dos materiais constituintes (concreto e aço) e a facilidade de aplicação são a razão dessa abundância das estruturas de concreto, nos mais variados tipos de construção do país. O concreto por possuir alta resistência a compressão é um excelente material para ser adicionado em elementos estruturais, como os pilares, submetidos a compressão, em contrapartida, seu uso nos tirantes, vigas, lajes e outros elementos fletidos, é mais restringido, pois o concreto possui baixa resistência à tração limita seu uso isolado nesses elementos. Para evitar essas restrições, o aço é utilizado junto ao concreto, e posicionado na peça de modo a resistir às tensões de tração (BASTOS, 2019).

O concreto começou a ser utilizado no período do Império Romano, assim que os mesmos começaram a adicionar cinza vulcânica ao calcário, dando nome a essa junção de pozzolana (SOUZA JÚNIOR, 2012). A utilização desse material possibilitou avanços na engenharia e arquitetura nesse período da história, com a construção de grandes templos, teatros e obras de arte. Durante a Idade Média não houve grandes avanços na utilização do concreto, entretanto, a partir do período do Renascimento esse método construtivo passou a ser mais explorado novamente, e a partir do século XVI começaram os primeiros estudos sobre a resistência do material. Um dos primeiros registros da associação do concreto com o ferro é a Igreja Santa Genoveva, em Paris, construída em 1770. (BUNDER, 2016)

Durante a Revolução Industrial, os estudos sobre estruturas tiveram avanços, e em 1824, a patente do Cimento Portland representou um marco na história da engenharia. O cimento portland é o material mais utilizado em obras até os dias atuais, e é o principal material componente do concreto. Durante o século XX, o concreto armado foi se expandindo pelo mundo, proporcionando progresso na engenharia, porém gerando diversas falhas técnicas e acidentes, o que levou também à publicação das primeiras normas de projeto e execução de estruturas de concreto armado (BUNDER, 2016).

Deste então, o concreto armado passou a ser o método construtivo mais utilizado no mundo, e vêm sendo aprimorado através de estudos sobre sua resistência e trabalhabilidade. No Brasil, a maioria das edificações são feitas de concreto armado, desde casas populares, até o monumento mais famoso do país, o Cristo Redentor, localizado no Rio de Janeiro.

2.1.1 PROPRIEDADES DO CONCRETO ARMADO

Segundo Bastos (2019), as peças de concreto armado são resultadas da combinação de concreto e barras de aço, onde o concreto absorve os esforços de compressão, enquanto o aço é responsável pelos esforços de tração.

O concreto é composto por água, cimento, agregado graúdo (brita), agregado miúdo (areia) e em alguns casos pode-se adicionar aditivos para melhorar a trabalhabilidade do material. Esses materiais, quando misturados na proporção ideal, resultam em um material flexível, resistente à compressão e com alta durabilidade (BASTOS, 2019). Entretanto, o concreto simples não possui uma boa resistência à tração e, para compensar essa falta, faz-se necessário associá-lo a materiais que possuam boa resistência à tração, como o aço, resultando assim nas peças concreto armado (FERNANDES; PORTO, 2015)

Conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014) no item 8.2.2 a massa específica normal do concreto pode variar entre 2000 kg/m^3 e 2800 kg/m^3 , para o concreto seco. Para casos onde a massa real é desconhecida, adota-se o peso específico de 2400 kg/m^3 para o concreto simples e 2500 kg/m^3 para o concreto armado.

A resistência à compressão é a principal propriedade mecânica do concreto e essa é obtida por ensaios com corpos-de-prova cilíndricos de 15 cm de diâmetro por 30 cm de altura, segundo o padrão brasileiro (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2004). Esses ensaios são realizados conforme a NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Segundo a NBR 5739 (1994), a resistência à compressão deve ser obtida, dividindo-se a carga da ruptura pela área da seção transversal do corpo-de-prova, devendo o resultado ser expresso com aproximação de 0,1 MPa. Para se obter a resistência à tração nas peças de concreto armado usam-se barras de aço no interior das peças.

2.1.2 VANTAGENS DO CONCRETO ARMADO

Existem diversos fatores vantajosos que fazem com que o concreto seja um dos materiais mais usados no mundo todo. Os aspectos positivos do material estão relacionados principalmente à durabilidade, resistência na construção e fácil manejo, pois consegue ser moldado conforme a necessidade e pode ser utilizado em estruturas monolíticas, por ter fácil aderência em estruturas novas e mais antigas, transmitir esforços com facilidade, podendo ser usado de forma pré-moldado ou moldado *in loco* (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

O concreto é um material que quando fresco é moldável e se adapta aos diferentes tipos de formas. Essa trabalhabilidade permite que as peças sejam moldadas em diversos formatos e com o devido dimensionamento suas peças podem ser submetidas a grandes esforços, podendo executar obras de grandes vãos e balanços audaciosos (GIUGLIANI, 2014). Existem diversas obras no mundo que mostram as vantagens da utilização do concreto armado em relação à flexibilidade, como o Museu Oscar Niemeyer, em Curitiba, onde o concreto armado e protendido foram os responsáveis por vencer um duplo balanço de 30 m para cada lado, coberto por uma cúpula de 70 m de vão livre sobre uma base de 10 m, além disso, o projeto arquitetônico apresenta lajes arredondadas, como pode-se observar na Figura 1-a.

Uma das características do concreto é o baixo grau de proteção térmica, ou seja, edificações a base de concreto tendem a ser mais frias. Essa característica pode ser considerada uma desvantagem em países que possuem o clima mais frio, entretanto, sendo o Brasil um país tropical, essa torna-se uma grande vantagem desse sistema construtivo. A utilização de lajes de concreto armado com vedação de isopor é uma técnica muito adotada no Brasil, pois proporciona mais conforto térmico nas residências.

A durabilidade do concreto armado também é de extrema importância, tratando-se de vantagens. Devido à sua resistência à compressão e à tração, choques e vibrações, o concreto armado consegue resistir muitos anos sem a necessidade de reparos. Além disso, esse material é resistente ao fogo (Botelho e Marchetti 2010). Segundo Bastos (2019), a estrutura de concreto, sem proteção externa, tem uma resistência natural de 1 a 3 horas, tempo esse que pode ser essencial para a evacuação de pessoas, em caso de desastres.

Essa durabilidade pode ser comprovada pelas grandes construções do mundo antigo. O concreto foi muito utilizado durante o Império Romano, para a construção de teatros, templos e obras de drenagem hídrica. Muitas dessas obras resistem até os dias de hoje, como o Anfiteatro de Pompeia, construído em 75 a.C. (Figura 1-b), o Coliseu de Roma, construído por volta do ano 80 d.C. (Figura 1-c) e o Panteão de Roma, executado em 127 d.C. (Figura 1-d) o qual possui uma cúpula feita a base de concreto (HELENE; LEVY, 2003).

Diante disso, fica evidente a importância do concreto para a engenharia. O material vem sendo cada vez mais estudado e trabalhado, e até os dias atuais vêm revolucionando o ramo da construção, como o edifício *Burj Khalifa*, localizado em Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, que atualmente é o edifício mais alto do mundo, com 828 metros, construído utilizando-se principalmente o concreto armado.

Também existem matérias, que quando adicionada na composição do concreto pode apresentar melhores resultados comparado ao concreto comum, é o caso da sílica ativa que

demonstra vantagens como, maiores resistências à compressão e à tração, menor permeabilidade, porosidade e absorvidade (RIPPER, SOUZA, 1998).

FIGURA 1 - a) Museu Oscar Niemeyer; b) Anfiteatro de Pompeia; c) Coliseu de Roma; d) Panteão de Roma



Fonte: David Silverman, 2015.



Fonte: DeAgostini, 2005.



Fonte: Elio Castoria, 2020



Fonte: Steve Christo, 2007.

2.1.3 DESVANTAGENS DO CONCRETO ARMADO

Apesar de ser o método construtivo mais utilizado no Brasil e no mundo e de apresentar diversas vantagens, o concreto armado também possui alguns aspectos negativos. Dentre as desvantagens do concreto armado está a execução *in loco*, a qual exige um elevado número de formas e escoramentos, e esses materiais muitas vezes não são reutilizados na obra, gerando um excesso de lixo.

O concreto armado também é um material não reciclável e pouco reutilizado, portanto, em caso de demolições, esse material gera grandes quantidades de entulhos. Ainda, o concreto possui um elevado peso próprio, tornando sua demolição difícil ou quase impossível em alguns casos, e pode apresentar fissuras, quando as cargas móveis são aplicadas (SOUZA JÚNIOR, 2012).

Existe, no Brasil, uma hegemonia na utilização do concreto armado, a qual muitas vezes pode inibir o desenvolvimento de outros métodos construtivos. Pelo fato de ser um material muito versátil e adaptável, o concreto armado tornou-se amplamente utilizado e hoje é praticamente a única base curricular dos cursos de engenharia e arquitetura, além de também ser muito utilizado de

forma irregular, sem que seja executado de forma técnica e com mão de obra qualificada (SANTOS, 2008).

O manuseio do concreto armado, sem conhecimento técnico e mão de obra qualificada, é muito comum no país, principalmente nas periferias, isso ocorre por ser um material de fácil acesso e execução, porém essas ações podem ser prejudiciais e perigosas em caso de eventuais intempéries, como chuvas e ventos fortes, podendo esses levar ao colapso da estrutura e riscos à vida dos habitantes.

Atualmente, discute-se muito sobre os impactos ambientais gerados pela construção civil e principalmente em relação ao cimento, material essencial na produção do concreto. O cimento Portland é essencial na construção civil, por se tratar de um material utilizado tanto para estruturas, como para ligações. Durante o século XX, o cimento representou uma revolução na construção civil, pois o material representou uma solução eficaz e barata para solucionar problemas urbanos, além de proporcionar a construção de grandes obras. Entretanto, o cimento gera impactos para a saúde humana e para o meio ambiente. Esses impactos ocorrem desde a extração da matéria-prima, a qual gera degradação ambiental, até o manuseio do material na obra, pela emissão do material particulado, o qual pode ocasionar problemas à saúde humana (MAURY; BLUMENSCHNEIN, 2012).

2.1.4 CONCRETO ARMADO EM OBRAS RESIDENCIAIS

O concreto armado passou a ser amplamente utilizado, no Brasil, após a década de 1930, através das políticas de urbanização e industrialização, e logo tornou-se hegemônico tanto no ramo de construção, quanto no de pesquisa. De acordo com Santos (2008), existem diversos fatores que colaboram para a hegemonia do concreto armado no Brasil. A princípio, uma das principais razões é o preço, o qual é relativamente barato e o fato de ser um material resistente e durável, proporcionando conforto e segurança às habitações. Além disso, o concreto é um material que apresenta baixo grau de proteção térmica, propriedade que pode ser interpretada como uma desvantagem, porém, no Brasil, devido ao clima tropical, essa característica o torna uma das melhores opções para conforto térmico.

Existem atualmente no mercado diversos *softwares* que auxiliam no dimensionamento das estruturas de concreto armado e os projetistas, no Brasil, buscam cada vez mais a utilização deles, como, por exemplo, o TQS, fundada em 1986 por Nelson Covas e o Eberick, desenvolvido pela empresa AltoQI. A utilização de *softwares* proporciona economia de tempo ao projetista e permite que as estruturas sejam testadas com diversos parâmetros, a fim de obter uma edificação otimizada, que apresente uma melhor qualidade, durabilidade, beleza e segurança (OLIVEIRA *et al.* 2019).

Durante a execução de uma obra residencial, o concreto armado é utilizado nos elementos estruturais da edificação, sendo esses as fundações, pilares, vigas e lajes. Em geral, esses elementos são moldados *in loco*, com o auxílio de formas e escoramentos de madeira (Figura 2). Os materiais utilizados nos canteiros de obras são facilmente encontrados em lojas e depósitos de materiais de construção próximos. Essa facilidade torna a execução cômoda, porém também gera muito desperdício de material, influenciando diretamente no custo total da obra.

As casas edificadas em estrutura de concreto armado geralmente demoram mais para serem finalizadas, em relação a outros tipos estruturais. Isso se deve principalmente ao tempo que leva a cura do concreto. O tempo entre a montagem da estrutura e a retirada das formas pode levar até semanas, prolongando o prazo de finalização da obra.

FIGURA 2 - Obra Residencial



Fonte:AUTORES, 2022.

2.2 AÇO

Segundo Pfeil e Pfeil (2009), o aço é uma liga de ferro e carbono, junto a elementos residuais, vindos do processo de fabricação e de elementos adicionados, com o intuito de melhorar as propriedades do material. O aço passou a ser amplamente utilizado durante o século XIX, quando foi inventado na Inglaterra um tipo de forno, que permitiu a fabricação da liga em larga escala. Desde então, esse material vem sendo utilizado como solução para diversos tipos de estruturas, principalmente em se tratando de grandes vãos e balanços.

O aço possui algumas características fundamentais para a construção civil, tais como uma boa resistência a esforços, como tração, compressão e flexão, impermeabilidade, menor tempo de execução, além de se tratar de um material reciclável e sustentável. Essas características fazem com que as estruturas metálicas sejam muito utilizadas em edificações que necessitam de menos tempo de execução, ou quando se busca mais resistência das peças. Além disso, atualmente buscam-se mais estratégias que visam minimizar os impactos ambientais causados pela indústria da construção civil, e dessa forma, as estruturas metálicas vêm cada vez mais se tornando uma opção mais limpa e sustentável (LIUBARTAS *et al.* 2015).

De acordo com Pfeil e Pfeil (2009), o aço possui constantes físicas, que podem ser adotadas em todos os casos para os aços estruturais, na faixa normal de temperaturas atmosféricas:

- Módulo de deformação longitudinal ou módulo de elasticidade:

$$E = 200.000 \text{ MPa};$$

- Coeficiente de Poisson, $\nu = 0,3$;

- Coeficiente de dilatação térmica, $\beta = 12 \times 10^{-6}$ por $^{\circ}\text{C}$;

- Massa específica $\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3$.

Ainda existem algumas outras propriedades importantes sobre o aço, como a ductilidade, fragilidade, dureza, resiliência, além de ser resistente à tração, compressão e flexão.

2.2.1 Vantagens do aço

Deste o século XIX, o aço vem cada vez mais se tornando uma das melhores opções, tratando-se de estruturas na engenharia civil. Ele possui diversas vantagens, como resistência, durabilidade e a sustentabilidade.

As peças de aço são pré-moldadas e esse fato pode representar uma enorme vantagem na execução de edificações, pois permite um melhor controle de qualidade e padronização da estrutura, além de evitar desperdício de materiais (LIMA *et al.* 2021). Além disso, as peças pré-fabricadas permitem um canteiro de obras mais organizado e limpo, pois não há necessidade de tantos materiais presentes, além de uma execução mais rápida e eficiente.

O aço possui características bem definidas, pelo fato de ser um material isotrópico e homogêneo e isso faz com que aumente o nível de confiança sobre o produto. O aço demonstra em seu cálculo estrutural, que seu coeficiente de ponderação da resistência reflete e lhe atribui um

coeficiente consideravelmente menor do que o do concreto (FAKURY; CASTRO e SILVA; CALDAS, 2016).

Devido às suas propriedades mecânicas, o aço suporta esforços altos e isso permite que o material vença grandes vãos e balanços. Um exemplo dessa capacidade é a ponte ferroviária *Firth of Forth* (Figura 3), na Escócia, que possui 521 metros de vão, construída em 1890 (PFEIL; PFEIL, 2009). Além desse, existem diversos outros exemplos de grandes edificações executadas com estrutura metálica, como a Torre *Eiffel* (Figura 4), em Paris, e o *Empire State Building* (Figura 5), em Nova Iorque.

O fato do aço proporcionar uma estrutura com menor peso próprio, também representa uma enorme vantagem das estruturas metálicas em relação a outros tipos estruturais. Com o aumento da população mundial, os números de edificações nos grandes centros urbanos crescem exponencialmente, deixando o espaço cada vez menor. Nesse quesito, o aço faz-se mais vantajoso em relação a outros tipos de estruturas, como o concreto armado, o qual é cerca de 30% mais pesado. Dessa forma, as cargas para fundações de estruturas metálicas são menores. Além disso, os pilares e as vigas feitos da liga metálica possuem a mesma resistência do concreto com um tamanho consideravelmente menor, aumentando a área útil da edificação (FAKURY; CASTRO e SILVA; CALDAS, 2016).

Como o aço é um material bastante dúctil, as estruturas metálicas não se distorcem com tanta facilidade, devido à deformação na ruptura do aço situar-se entre 15% e 40%. Esse fato torna esse tipo de estrutura resistente nos pontos de alta concentração de tensões, que se distribuem por todo o elemento (FAKURY; CASTRO e SILVA; CALDAS, 2016). A estrutura de aço também possui grande resistência contra a passagem do tempo e condições climáticas, podendo prolongar sua vida útil com pinturas e revestimento, diminuindo o desperdício e o custo de manutenção.

Um dos principais pontos positivos na utilização de estruturas metálicas é a sustentabilidade. As estruturas metálicas são benéficas, pois reduzem o uso da madeira e a emissão de material particulado durante o processo de produção. No canteiro de obras, há menos desperdício de materiais e a redução na utilização de produtos prejudiciais à saúde e ao meio ambiente, como o cimento. De acordo com Gervásio (2008), as peças metálicas, por possuírem menor peso próprio, não são tão prejudiciais no uso do solo. Para esse tipo de estruturas, as fundações podem ser reduzidas, assim como também os movimentos de terra.

Por fim, as estruturas metálicas podem ser desmanchadas e suas peças reutilizadas em outras edificações em diferentes locais. Caso não seja possível reutilizá-las, as peças podem ser recicladas, já que o aço pode ser reciclado inúmeras vezes, sem que suas propriedades sejam alteradas, ajudando, assim, a minimizar a exploração de recursos naturais e seus impactos ambientais (GERVASIO, 2008).

FIGURA 3 - Ponte Firth of Fourth



Fonte: Rolls Press, 1970.

FIGURA 4 - Torre Eiffel



Fonte: Graham Chadwick, 1997

FIGURA 5 - Empire State Building



Fonte: Rudolf Dietrich, Getty Images, 1981.

2.2.2 Desvantagens do aço

Apesar de ser um método construtivo extremamente vantajoso, as estruturas metálicas não são tão comuns no Brasil. Para Nakahara (2017), a estrutura metálica necessita de uma mão de obra mais qualificada, porém pouco abundante no Brasil. Essa escassez de serviço pode gerar uma execução precária e como consequência, grande parte dos problemas estruturais relacionadas a estrutura metálica. Além disso, essa falta de investimento leva também ao aumento dos preços. As estruturas metálicas são mais caras, quando comparadas a outros tipos estruturais, como o concreto armado, por exemplo.

As estruturas metálicas permitem também a criação de peças com seções mais esbeltas. Esta esbeltez pode ser entendida como função de fatores estéticos e econômicos que se quer atingir (PINHEIRO, 1997; ALMEIDA, 2005). Essas seções esbeltas podem sofrer com a flambagem, quando comprimidas. Além da flambagem e de acordo com Pinheiro (1997), observa-se que houve um aumento no número de casos de estruturas com problemas dinâmicos de vibrações excessivas, causado pelo resultado da maior esbeltez estrutural e das cargas atuantes na construção.

Considerando os cuidados na utilização do aço ou de qualquer material na construção, Fakury; Castro e Silva e Caldas (2016) afirmam que a corrosão e o comportamento da estrutura durante situações de incêndio requerem cuidados especiais. Segundo Pfeil e Pfeil (2009), denomina-se corrosão o processo de reação do aço com alguns elementos presentes no ambiente em que se encontra exposto. Esse desgaste acontece principalmente devido ao uso de materiais de baixa qualidade, carência de mão de obra e a falta de revestimentos adequados. O revestimento para

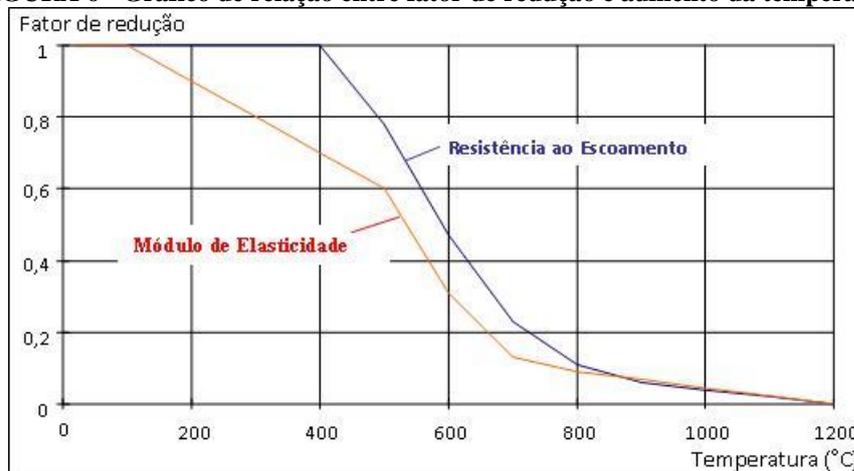
proteção e modos contra corrosão, de acordo com Fakury; Castro e Silva e Caldas (2016) podem ser a pintura, a galvanização e o uso de aços resistentes à corrosão atmosférica.

O comportamento do aço em situação de incêndio mostra que, apesar de ser um material incombustível, ele é bastante afetado em função das suas propriedades mecânicas degradarem quando colocado em elevadas temperaturas. A Figura 6 apresenta os fatores de redução da resistência ao escoamento e do módulo de elasticidade dos aços, quando colocados em alta temperatura (FAKURY; CASTRO e SILVA; CALDAS, 2016).

No decorrer de um incêndio, a temperatura do aço é elevada na estrutura, causando a redução da sua resistência e rigidez, podendo alcançar a perda da capacidade de suportar os esforços atuantes e sofrer a queda total ou parcial da estrutura. Para proteger a estrutura do fogo, é usado as tintas intumescentes, que são revestimentos que protegem vigas e perfis de aço contra a ação do fogo, no qual sua espessura de aplicação é o que dará tempo que a estrutura ira suportar a exposição do fogo, dando mais tempo para as pessoas evacuarem. Para ajudar no dimensionamento e nas exigências de estruturas de aço em incêndios, foram implantadas normas brasileiras, como, NBR 14323 e NBR 14432.

Segundo Pinheiro (2005), ainda podemos encontrar outras desvantagens, como a limitação de fornecimentos de perfis estruturais, na execução em fábrica e no transporte.

FIGURA 6 - Gráfico de relação entre fator de redução e aumento da temperatura



Fonte: FAKURY; CASTRO e SILVA, CALDAS, 2016.

2.2.3 Estruturas metálicas em obras residenciais

Mesmo não sendo o método construtivo mais utilizado no Brasil, as estruturas metálicas vêm sendo cada vez mais procuradas para a construção de residências nos últimos anos. Existem diversos fatos que impulsionam essa procura, principalmente o menor tempo de construção, organização do canteiro de obras e o menor desperdício de materiais, além de uma melhor exploração arquitetônica, com grandes vãos e balanços (GUINZELLI, 2017).

Como acontece com as estruturas de concreto armado, os projetistas de estruturas de aço também buscam utilizar *softwares* para o dimensionamento estrutural. Alguns dos *softwares* disponíveis no mercado são o *Tekla Structures* da empresa *Trimble Solutions Corporation* e o *ST-Cadem* da *Stabile* à qual é uma empresa nacional, entre outros. A utilização desses programas pode colaborar para um dimensionamento mais preciso, uma execução mais correta e uma otimização da obra em geral.

O peso próprio do aço também representa uma vantagem na execução de obras residenciais. Por se tratar de um material mais leve, as cargas de fundação são menores, tornando o trabalho no solo mais simples e econômico, e assim permitindo que as edificações de mais

pavimentos e grandes balanços possam ser executadas sem que haja a necessidade de fundações tão profundas. (CAIADO E CUNHA, 2022).

Como se pode observar na Figura 7, na execução de obras em estruturas metálicas, as peças são pré-moldadas e apenas montadas no canteiro de obras. Assim, a execução se torna muito mais rápida e fácil quando, comparada a outros métodos construtivos, pois não há a necessidade de utilizar formas e escoramentos. As estruturas metálicas também são compatíveis com diversos tipos de fechamentos, como alvenaria e painéis de *drywall*.

FIGURA 7 - Obra residencial em estrutura metálica



Fonte: Eduardo Daldegan, 2022.

3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso se trata de um projeto de uma residência com base em dois modelos estruturais, sendo um modelo em estrutura de concreto armado, e o outro em estrutura metálica, onde serão comparadas as características de cada um.

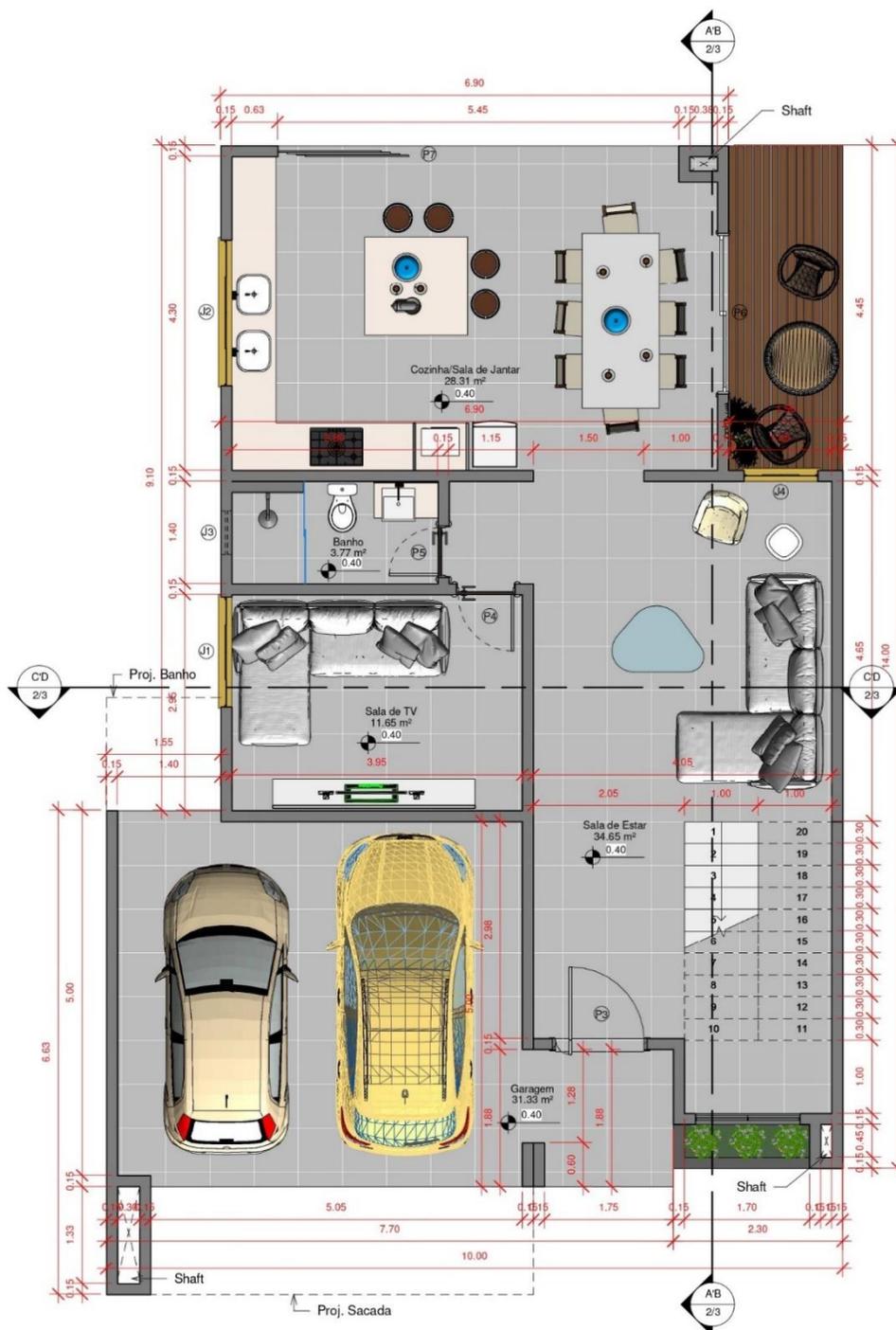
Os dois projetos foram elaborados para um mesmo terreno, portanto os parâmetros de solo e ambiente considerados foram os mesmos. Para a realização do orçamento foram levados em consideração apenas os elementos estruturais da edificação, e alguns foram os mesmos, como as fundações, vigas baldrame e lajes.

3.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

O projeto arquitetônico utilizado no estudo de caso foi elaborado pelos autores do artigo, Amanda de Kassia Marciano, Ana Carolina Alves Baroni, Lucas Gabriel Ferreira Araújo e Matheus Ferreira de Andrade Araújo, e se trata de uma habitação unifamiliar de médio padrão. A edificação possui dois pavimentos e um total de 242,92 m².

A Figura 8 mostra o pavimento térreo, de 115,95 m², onde há uma sala de estar com pé direito duplo; sala de TV; banheiro; cozinha; e, garagem para 2 carros. A planta arquitetônica completa está presente no Anexo 1.

FIGURA 8 - Planta Baixa Térreo



Fonte: AUTORES, 2022.

A Figura 09 mostra o pavimento superior da edificação, com o total de 126,94 m², onde há 3 quartos, sendo uma suíte; 1 closet; 3 banheiros; 2 sacadas, sendo uma delas em balanço; e um escritório.

As Figuras 10 e 11 representam os cortes da edificação, onde estão cotadas as alturas e os níveis dos ambientes. A edificação possui 2 pavimentos para habitação e um pavimento superior para a instalação da caixa d'água. Ao todo, a casa possui uma altura de 9,32 m, sendo que cada pavimento possui um pé direito de 3,00 m.

3.2 SOFTWARES PARA DIMENSIONAMENTO

Os dois *softwares* escolhidos para o dimensionamento foi o *AltoQI – Eberick 2021* para a estrutura de concreto armado e o *Scia Engineer 2022* para a estrutura metálica. O *Eberick* é um programa desenvolvido pela empresa *AltoQI* e foi priorizado pela eficiência na elaboração de projetos estruturais em concreto armado, contando com várias ferramentas como o CAD próprio e recursos para modelagem, análise, dimensionamento e detalhamentos. O *Scia Engineer* foi escolhido por ser uma ferramenta BIM completa para o cálculo de estruturas metálicas, desde sua concepção, passando pela análise e no dimensionamento dos elementos. No *software Eberick* foi usada a versão original, disponibilizada pelo orientador, enquanto no *software Scia*, foi usado uma versão estudantil disponibilizado pelos desenvolvedores.

3.3 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

O primeiro modelo estrutural trata-se do convencional em concreto armado. O pré-dimensionamento das peças foi baseado nos métodos presentes no livro *Estruturas de Concreto Armado*, do autor João Carlos Taetini de Souza Clímaco. Para o dimensionamento foram adotados os parâmetros estabelecidos pela NBR 6118/2014, os quais tratam-se da classe de agressividade ambiental e resistência do concreto. Neste projeto foi considerada, conforme a tabela 6.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014), a Classe de Agressividade II (Moderada), pois a edificação foi projetada para o ambiente urbano. Já a resistência do concreto depende da Classe de Agressividade, e, segundo o item 7.4 da NBR 6118/2014, para a Classe de Agressividade II, a resistência característica do concreto adotada deve ser maior ou igual à 25 MPa, portanto esse foi o valor adotado.

Em seguida, os elementos estruturais foram lançados no croqui arquitetônico e o método de cálculo foi computacional, através do software *AltoQI – Eberick 2021*, inicialmente nas posições que melhor se adaptassem à planta arquitetônica. Os pilares foram lançados com dimensões de 14x30 cm, e as vigas com dimensões de 14x40 cm, seguindo as dimensões previstas na NBR 6118(ABNT, 2014), e tendo essas dimensões sido, em alguns casos, alteradas posteriormente para atender os cálculos estruturais.

Após o lançamento, o programa realizou a análise estática linear da edificação através da combinação de esforços, e em seguida o dimensionamento das peças. Após o dimensionamento de todas as peças, obteve-se um projeto estrutural com 21 pilares, 20 vigas baldrame, 18 vigas intermediárias, 23 vigas respaldo e 5 vigas para o reservatório. As dimensões dos pilares e vigas são variadas, e são mostrados nas Tabelas 2 e 3. Foram obtidos também 6 painéis de laje piso treliçadas de 13 cm para o pavimento intermediário e 1 painel de laje maciça de 20 cm para o patamar da escada; e 14 painéis de laje forro treliçadas de 13 cm para o pavimento respaldo; e 1 painel de laje piso treliçadas de 13 cm para o reservatório. As áreas das lajes estão presentes na Tabela 4. Foram geradas as plantas de locação e forma, e a relação de concreto e aço (Anexo 2), as quais foram utilizadas para a elaboração do orçamento posteriormente. A Figura 12 mostra uma representação em 3D da estrutura gerada pelo software.

Tabela 2 - Dimensão dos pilares

Dimensão do pilar (cm)	Quantidade de pilares na edificação
14x30	9
14x40	7
18x30	1
20x59	1
14x59	1
29x59	1
18x40	1

Fonte: AUTORES, 2022.

Tabela 3 - Dimensão das vigas

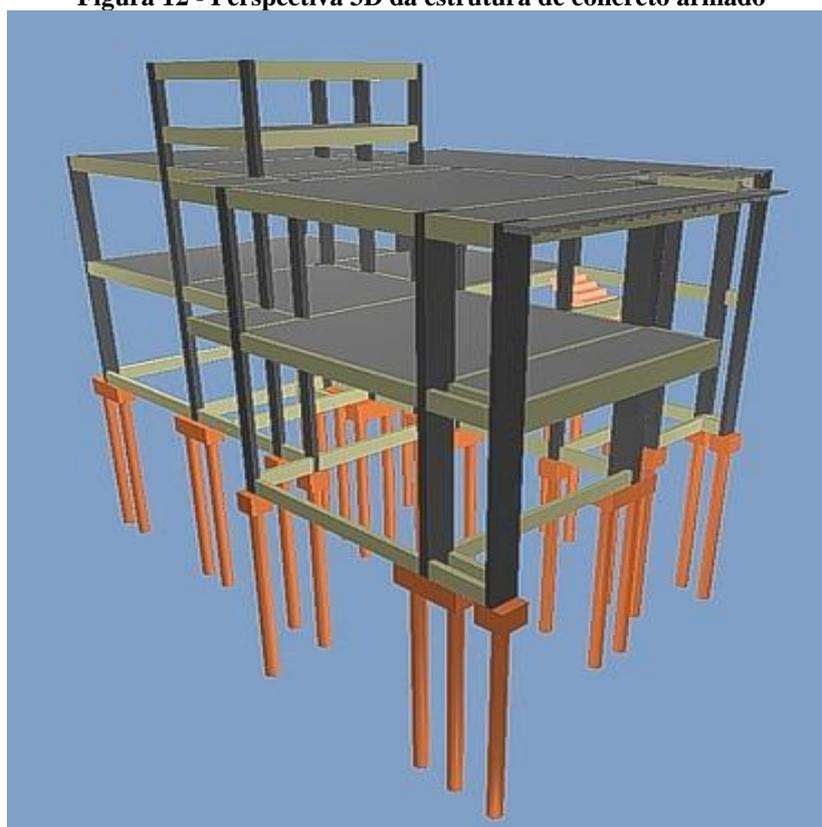
Dimensão das vigas (cm)	Quantidade de vigas na edificação
Vigas baldrame	
14x40	20
Vigas Intermediário	
14x40	15
14x60	3
Vigas respaldo	
14x13	4
14x40	17
14x60	2
Vigas reservatório	
14x40	5

Fonte: AUTORES, 2022.

Tabela 4 - Área dos painéis de laje

Pavimento	Área da Laje (m ²)
Intermediário	piso (13 cm): 100,02
	patamar (20cm) 8,24
Respaldo	122,34
Reservatório	6,87

Fonte: AUTORES, 2022.

Figura 12 - Perspectiva 3D da estrutura de concreto armado

Fonte: AUTORES, 2022.

No que tange a elaboração do projeto em estrutura metálica, seu dimensionamento foi embasado seguindo a principal norma referente ao aço, a NBR 8800:2008 e complementares, como NBR 6123:1988, que trata das forças devidas ao vento em edificações.

O projeto estrutural foi elaborado tendo como base o projeto arquitetônico. O primeiro passo foi realizar o lançamento estrutural no croqui arquitetônico. Utilizando o *software Scia Engineer*, definiram-se os perfis, dimensões e posições dos elementos estruturais, os quais tem a finalidade de suportar e transmitir as cargas até a fundação. No projeto foram dimensionadas as vigas e os pilares metálicos, utilizado 4 tipos de perfis metálicos, e somando um total de 6084,8 kg de aço distribuídos em 21 pilares, 27 vigas no pavimento intermediário, 29 vigas respaldo e 5 vigas para o reservatório. Os tipos de perfis e a massa de aço estão presentes na Tabela 5.

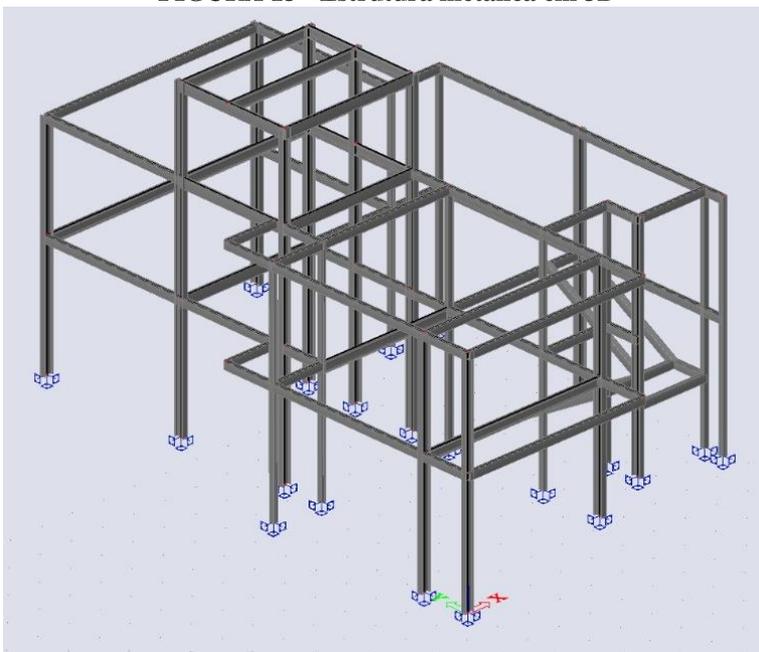
Logo após definir os parâmetros, o software efetua uma análise por elementos finitos, onde são colocadas as cargas e as envoltórias de combinações desejadas. Após a averiguação de todas as condições, o software retorna o pior resultado, tanto para ELU (Estado limite último) e ELS (Estado limite de serviço). Para concluir, foi gerado plantas de locação de pilares e vigas (Anexo 3), além de uma perspectiva da estrutura 3D como mostra na Figura 13.

Tabela 5 - Quantitativo de aço

Dimensão (mm)	Massa (kg)
W250x32,7	2575,3
Perfil caixa – Dupla Ue 150x60x20 #2,25	805,8
Perfil caixa – Dupla Ue 200x75x20 #2,00	2042,2
Perfil Ue 300x100x25 #4,75	661,5
Total	6084,8

Fonte: AUTORES, 2022.

FIGURA 13 - Estrutura metálica em 3D



Fonte: AUTORES, 2022.

3.4 ORÇAMENTO

Após a elaboração dos dois projetos estruturais foi possível obter os quantitativos de cada método, assim foram efetuados os orçamentos. Para a elaboração destes foram considerados apenas os materiais e mão de obra necessários para a execução da estrutura da edificação, considerando os elementos de fundação, vigas, pilares e lajes. Os orçamentos foram feitos com o auxílio de

planilhas, onde os custos unitários dos materiais foram baseados nas cotações presentes nas Tabelas da SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil; e, GOINFRA - Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes. Os valores unitários foram multiplicados pela quantidade de cada material, e em seguida pelo valor do BDI, resultando assim no custo total adotado. Os orçamentos completos estão presentes nos anexos 4 e 5. Após a conclusão do orçamento obteve-se um valor cerca de 18,42% maior para a estrutura metálica.

3.5 CRONOGRAMA

A construção do cronograma foi feita utilizando o auxílio do *software Excel*, no qual foi inserido os dados de dias e equipes definidas para as 4 fases na construção da estrutura, ou seja, nas etapas de fundação, pilares, vigas e lajes. Cada atividade possui uma ordem cronológica seguida para melhor execução dos serviços. Sendo assim, é somado todos os dias de cada etapa, chegando ao tempo total da obra, onde concluímos o cronograma físico.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Conforme o objetivo do trabalho, foi realizado um estudo comparativo entre os dois projetos estruturais, levando em comparação o custo e o tempo de execução. Para tal, utilizando-se das planilhas orçamentárias e do cronograma desenvolvido no *software Excel*, foram gerados resultados a fim de comparar as etapas da construção entre a estrutura metálica e a estrutura projetada em concreto armado. A Figura 14 mostra os valores de cada etapa da construção da estrutura para cada método construtivo.



Fonte: AUTORES, 2022.

Segundo os cálculos orçamentários efetuados e o gráfico representado na Figura 14, a estrutura metálica tem um valor maior em relação ao concreto armado. Os pilares, as vigas e a escada são onde há as maiores diferenças de preços, nos pilares em estrutura de concreto nota-se uma vantagem em relação à estrutura metálica em 57,04%. Enquanto nas vigas possui uma vantagem de 29,18% e as escadas de 60,20%. O resultado concluiu que a estrutura metálica apresenta um valor maior de 44.852,82 reais, portanto, a estrutura metálica é 18,42% mais onerosa. Esse resultado pode ser explicado pelo fato da mão de obra da estrutura metálica ser mais

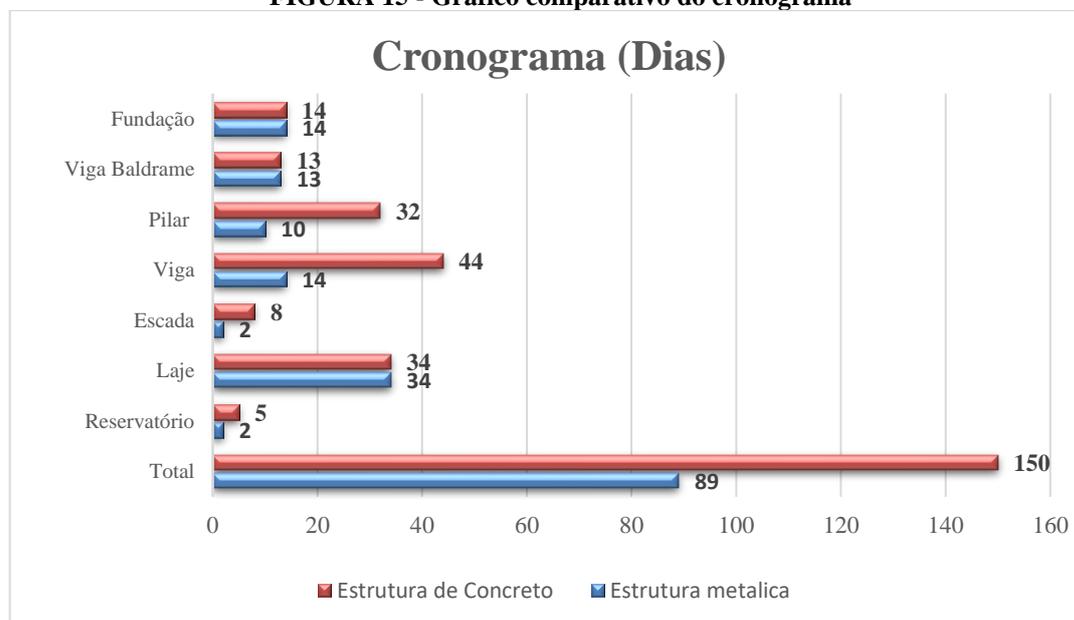
especializada e suas peças pré-fabricadas, consequentemente tornando-as mais caras. Além disso, o aço possui um valor mais elevado no Brasil.

Pode-se notar pelos resultados que os valores obtidos para as vigas baldrame e as lajes foram os mesmos, isso se deve ao fato de que em ambos os casos é necessário que as vigas baldrame sejam de concreto armado, pois este é a melhor opção para o solo, por sofrer menos corrosão quando comparadas às vigas metálicas. Em relação às lajes, para ambos os projetos se optou por lajes treliçadas pré-moldadas devido à facilidade de acesso e conforto térmico que está traz para edificações residenciais.

No cronograma observa-se que a estrutura metálica é consideravelmente mais rápida a ser construída do que o convencional concreto armado, isso se deve ao fato da montagem das peças pré-moldadas em aço serem muito mais rápidas do que a fabricação das peças de concreto *in loco*, das quais exigem a montagem das formas, da armação, concretagem e do tempo de cura. De acordo com a Figura 15, que representa o gráfico do cronograma, o tempo de execução é de aproximadamente 89 dias para a estrutura metálica, enquanto a de concreto armado leva em torno de 150 dias, gerando uma economia de tempo de 40,67%.

Nota-se que ambos os métodos construtivos apresentam suas vantagens e desvantagens, principalmente tratando-se de tempo e custo. Ademais, existem outros aspectos que são importantes de serem observados, como o acesso à mão de obra, a organização do canteiro, a facilidade de acesso aos materiais e a sustentabilidade.

FIGURA 15 - Gráfico comparativo do cronograma



Fonte: AUTORES, 2022.

Após a realização das pesquisas teóricas, do estudo de caso e da análise dos resultados foi elaborado O quadro 1, onde há um comparativo sobre alguns dos principais aspectos de cada método construtivo trabalhado neste artigo. Os aspectos escolhidos foram a mão de obra; peso; prazo de execução; capacidade de cobrir grandes vãos; sustentabilidade; utilização no Brasil; e, preço. Dentre esses, o preço e o prazo de execução foram baseados nos resultados obtidos no orçamento e cronograma do estudo de caso. As outras características foram escolhidas, pois normalmente são aspectos que podem influenciar na escolha de algum método construtivo.

Quadro 1 - Comparativo entre estrutura metálica e concreto armado.

Aspectos	Estrutura metálica	Estrutura em concreto armado
Mão de obra	Possui escassez de mão de obra qualificada (NAKAHARA, 2017).	Por ser um método convencional, possui maior abundância de mão de obra
Peso	Menor peso próprio	Maior peso da estrutura
Prazo de Execução	Componentes produzidos em fábricas, prazo reduzido	Estrutura produzida toda na obra, prazo elevado
Capacidade de cobrir grandes vãos	Capacidade de cobrir vãos maiores	Indicada para vãos menores
Sustentabilidade	Material reciclável (GERVASIO, 2008).	Menos Sustentavel (MAURY; BLUMENSCHHEIN, 2012).
Utilização no Brasil	Menos utilizada	Maior porcentagem de utilização
Preço	Preço mais oneroso	Possui um preço relativamente barato

Fonte: AUTORES, 2022.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo a comparação entre estruturas de concreto armado e estruturas metálicas, e como visto, no Brasil o uso do concreto armado ainda é predominante. Porém, a condição de propor o sistema estrutural em aço como preferência é inovador e vem ganhando espaço na construção civil. Além disso, a pesquisa proporcionou um maior entendimento sobre os dois tipos de construção, desde as suas propriedades até seu uso em obras residenciais.

Segundo o presente trabalho observou-se, que a estrutura metálica no valor final foi mais cara em 18,42% do que a estrutura de concreto, isso aconteceu porque a estrutura metálica em primeiro lugar não é uma cultura na região de Goiás, por grande parte do aço vir da região Sudeste, o que torna ainda mais caro devido o transporte do material. Existe também uma comparação na mão de obra, pois a estrutura metálica exige uma mão de obra mais qualificada, no entanto, mais cara e menos abundante em relação à estrutura de concreto, considerando isso uma grande desvantagem para o aço. Porém, ao comparar o tempo de construção, a estrutura metálica é mais eficiente, pelo fato das peças já virem pré-fabricadas, a sua montagem é mais rápida, superando a de concreto em 40% na economia de tempo, onde sua estrutura é feita *in loco*.

Diante disso, a escolha estrutural deve ser adotada em razão das vantagens que ela trará para a construção, e conforme as prioridades do proprietário da obra, sendo o seu custo benefício relativamente considerável, em ambos os casos. Pode se acentuar que há uma ausência na parte de estudos acadêmicos, quando se diz sobre orçamentos, cronogramas e realizações de comparativos de estruturas por completo. Esses estudos podem ajudar no desenvolvimento das obras e na preferência estrutural.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, De. The cavea (auditorium) of theatre. Itália: De Agostini Editorial, 5 set. 2007. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.gettyimages.com.br/detail/foto-jornal%3%ADstica/the-cavea-of-the-theatre-with-the-ruins-and-the-foto-jornal%3%ADstica/475594517?adppopup=true>. Acesso em: 8 jun. 2022.
- ALMEIDA, S. F. Análise dinâmica experimental da rigidez de elementos de concreto submetidos à danificação progressiva até a ruptura. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2005.
- ALVARENGA, Maria Cláudia Sousa; GOMES, Arthur Filipe Freire. Estrutura metálica versus estrutura em concreto armado: estudo 2 comparativo orçamentário de um edifício comercial. Orientador: Leonardo Carvalho Mesquita. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia civil) - Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos - Método de ensaio. Rio de Janeiro 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6118: projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14323. “Dimensionamento de Estruturas de Aço de Edifícios em Situação de Incêndio – Procedimento”. Rio de Janeiro, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14432. “Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos de Edificações – Procedimentos”. Rio de Janeiro, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. NBR 8800. Rio de Janeiro, 2008.
- BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Fundamentos do concreto armado. Bauru, São Paulo: UNESP, 2019.
- BELLEI, Ildony H.; PINHO, Fernando O.; PINHO, Mauro O. Edifícios de múltiplos andares em aço. Pini, 2008.
- BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. Concreto armado eu te amo. Volume 1. 6ª edição. São Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda, 2010. 507p.
- BUNDER, Jeferson. O concreto: sua origem, sua história. Orientador: Dra. Fabiana Oliveira. 2016. 20 p. Artigo (Pós-Graduação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- CASTORIA, Elio. TOPSHOT-ITALY-HEALTH-VIRUS-ROME-AERIAL. Itália: 1208706394, 30 mar. 2020. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.gettyimages.com.br/detail/foto->

jornal% C3% ADstica/morning-aerial-[15]photo-taken-on-march-30-2020-shows-foto-jornal% C3% ADstica/1208706394?adppopup=true. Acesso em: 8 jun. 2022.

CHADWICK, Graham. Eiffel Tower. França: Getty Images Europe, 1 jan. 1997. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.gettyimages.com.br/detail/foto-jornal% C3% ADstica/general-view-of-the-eiffel-tower-in-paris-france-is-foto-jornal% C3% ADstica/1920253?adppopup=true>. Acesso em: 3 set. 2022.

CHRISTO, Steve. ITALY: ROME. Itália: Corbis News, 11 ago. 2022. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.gettyimages.com.br/detail/foto-jornal% C3% ADstica/romes-pantheon-dates-from-around-ad125-built-by-the-foto-jornal% C3% ADstica/1438781997?adppopup=true>. Acesso em: 3 set. 2022.

CLIMACO, João Carlos Teatini de Souza. Estruturas de Concreto Armado: Fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. 1. ed. Brasil: Gen – Grupo Editorial Nacional Part S/A, 2016. 440 p. v. 1.

CUNHA, Júlio César Loyola da. Construção residencial unifamiliar em estrutura metálica. Orientador: Kneipp de Figueiredo Caiado. 2022. 25 f. Artigo (Graduação) - Rede de Ensino Doctum de Vitória, Vitória, 2022.

DALDEGAN, Eduardo. Estruturas metálicas para casas: 5 cuidados essenciais. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura: IDBA, 2022. 1 fotografia. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=19&Cod=2176>. Acesso em: 2 set. 2022.

DIAS, Luís Andrade de Mattos – Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagens. 8ª Edição. São Paulo: Zigurate Editora, 2006.

DIETRICH, Rudolf. New York, Manhattan. Alemanha: Ullstein bild, 1 jan. 1981. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.gettyimages.com.br/detail/foto-jornal% C3% ADstica/view-over-manhattan-with-empirestate-building-and-foto-jornal% C3% ADstica/542357193?adppopup=true>. Acesso em: 5 set. 2022.

FAKURY, R. H.; CASTRO e SILVA, A. L. R; CALDAS, R. B. Dimensionamento básico de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

FERRAZ, Henrique. O Aço na Construção Civil. Revista Eletrônica de Ciências, São Carlos, ano 2003, n. 22, out/nov/dez 2003.

GERVÁSIO, Helena Maria. ABCEM: Associação Brasileira da Construção Metálica. In: A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas. [S. l.], 2008. Disponível em: <https://www.abcem.org.br/index.php>. Acesso em: 10 jun. 2022.

GIUGLIANI, Eduardo. Propriedade e característica dos materiais: concreto e aço. 2014. 15 f. Notas de aula.

GUINZELLI, Adriano José. Projeto estrutural de uma edificação residencial com estrutura metálica. Orientador: Prof. Dr. Diego Rizzotto Rossetto. 2017. 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco, 2017.

HELENE, Paulo Roberto do Lago; LEVY, Solomon Mony. 'ESTADO DA ARTE' DO CONCRETO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO. *Exacta*, São Paulo, ano 2003, v. 1, p. 109-116, 2003.

LIMA, Glêdson Pereira et al. Projeto e planejamento de canteiro de obras no Brasil: Uma revisão sobre as boas práticas e ferramentas utilizadas. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 9, p. 55110918407, 2021.

LIUBARTAS, Déborah; SILVA, Edson Assis Santos de Barros e; SANTOS, Eutália Alves Martins dos; SILVA, José Edilson da; FORMIGONI, Alexandre. A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas. *INOVAE Journal of Engineering and Technology Innovation*, São Paulo, ano 2015, v. 3, n. 1, ed. 1, p. 92-110, Jan/Abr. 2015.

MAURY, Maria Beatriz; BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente. *Sustentabilidade em Debate*, Brasília, ano 2012, v. 3, n. 1, ed. 1, p. 75-96, jan/jun 2012.

NAKAHARA, Flávia Sayuri. Análise da viabilidade estrutural e econômica entre estruturas de concreto armado e estruturas metálicas. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, [S. l.], 2017.

OLIVEIRA, Lucas Moreira. Análise comparativa do cálculo com ferramenta computacional para dimensionamento de estruturas de concreto armado x construção irregular. Orientador: Professor Especialista Aurélio Caetano Feliciano. 2019. 24 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Uni-Anhanguera, Goiânia, 2019.

FERNANDES, S. G.; PORTO, Thiago B. Curso básico de concreto armado: conforme NBR 6118/2014. 1. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

OLIVEIRA, Paulo Henrique, et al. Estudo de viabilidade de estrutura metálica ou em concreto armado convencional. Orientador: Renata Martinho de Camargo. 2018. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema, [S. l.], 2018.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. Estruturas de Aço: Dimensionamento prático de acordo com NBR 8800:2008. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 357 p. v. 1. ISBN 978-85-216-1611-5.

PINHEIRO, M. A. S. Absorção pendular não-linear para redução de vibrações em torres esbeltas. 1997. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997.

PINHEIRO, Libânio M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sandro P. Estruturas de concreto – Capítulo 2. In: RODRIGUES, Paola Silva. Estruturas de concreto. [S. l.]: Academia, 2004. cap. 2.

PINHEIRO, Antônio Carlos da Fonseca Bragança. Estruturas metálicas: cálculos, detalhes, exercícios e projeto. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

PINHEIRO, Libânio M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sandro P. Estruturas de concreto – Capítulo 2. In: RODRIGUES, Paola Silva. Estruturas de concreto. [S. l.]: Academia, 2016. cap. 2.

POMPERMAYER, Rafael. Análise comparativa entre estruturas metálicas e estruturas de concreto armado. Orientador: Fabrício Nascimento Silva. 2018. 73 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Associação Educativa Evangélica, [S. l.], 2018. Disponível em: 2018. Acesso em: 7 jun. 2022.

RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: Pini, 1998.

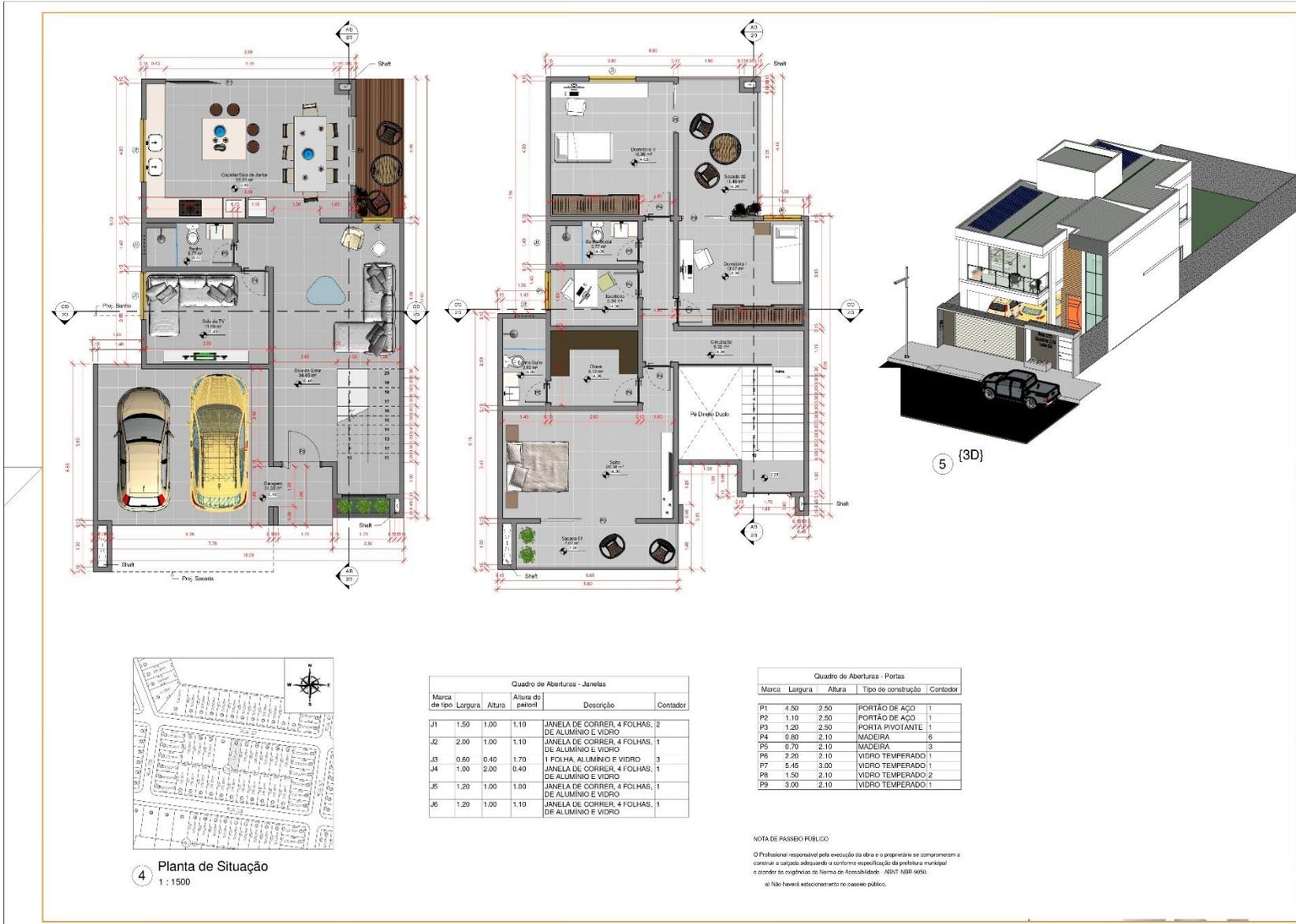
PRESS, Rolls. Forth Rail Bridge: História da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia. Popperfoto: Popperfoto, 1 jan. 1970. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.gettyimages.com.br/detail/foto-jornal%C3%ADstica/view-from-south-queensferry-of-the-forth-bridge-a-foto-jornal%C3%ADstica/993578312?adppopup=true>. Acesso em: 3 set. 2022.

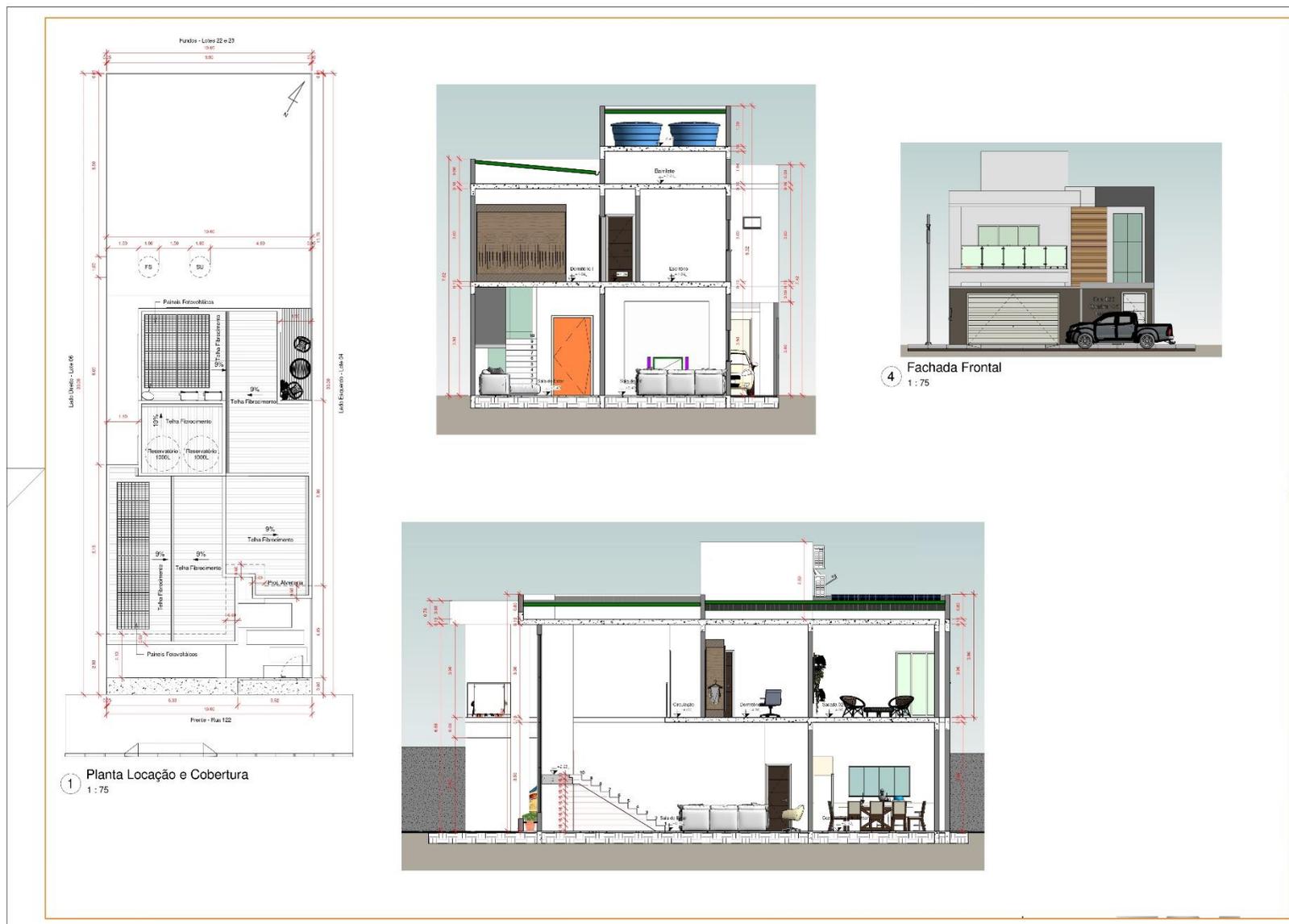
SANTOS, Roberto Eustaáquio dos. A armação do concreto no brasil: história da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia. Orientador: Prof. Dr. Bernardo Jefferson de Oliveira. 2008. 338 p. Tese (Pós-Graduação) - UFMG, Belo Horizonte, 2008.

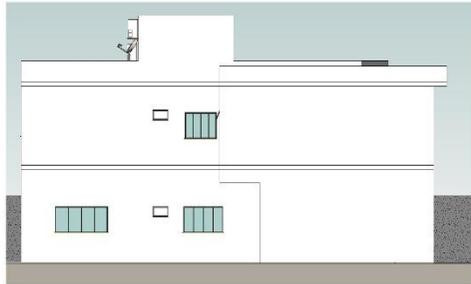
SILVERMAN, David. Brazilian Cities to Host 2014 World Cup. Getty Images News: 91218431, 15 ago. 2009. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.gettyimages.com.br/detail/foto-jornal%C3%ADstica/view-of-the-oscar-niemeyer-museum-the-largest-museum-foto-jornal%C3%ADstica/91218431?adppopup=true>. Acesso em: 8 jun. 2022.

ANEXOS

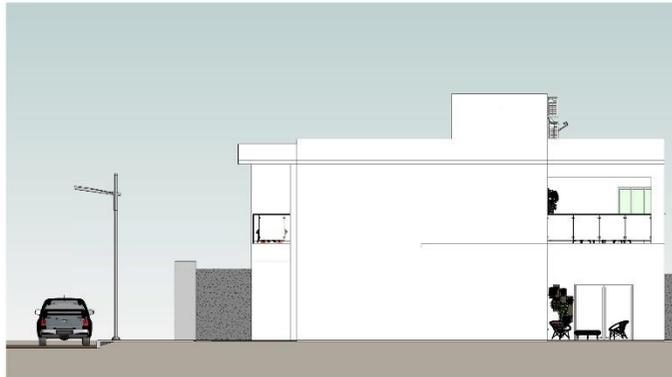
ANEXO 1 – Representação do projeto arquitetônico







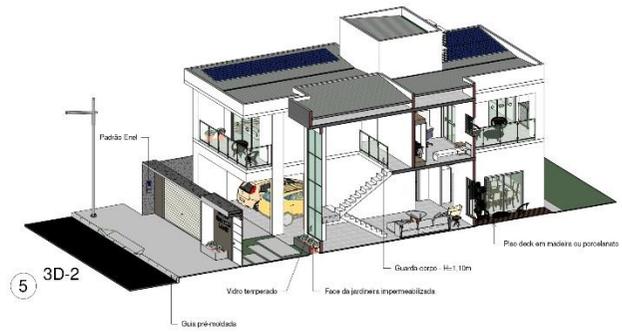
1 Fachada Lateral Direita
1:75



2 Fachada Lateral Esquerda
1:75



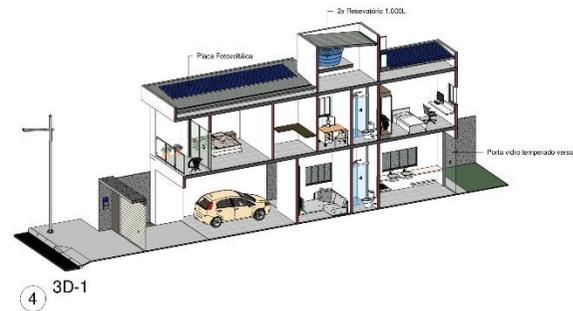
3 Fachada Posterior
1:75



5 3D-2

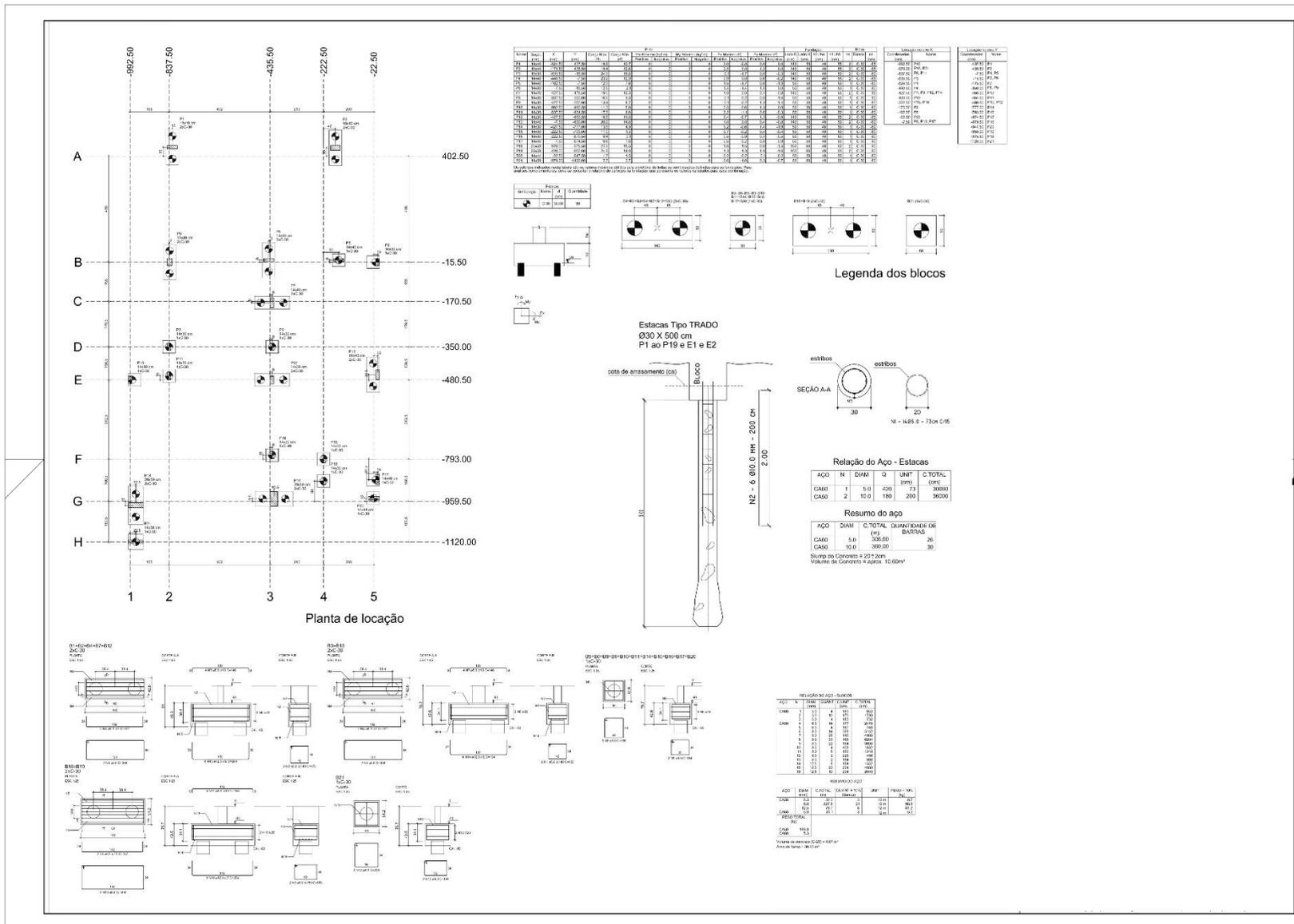


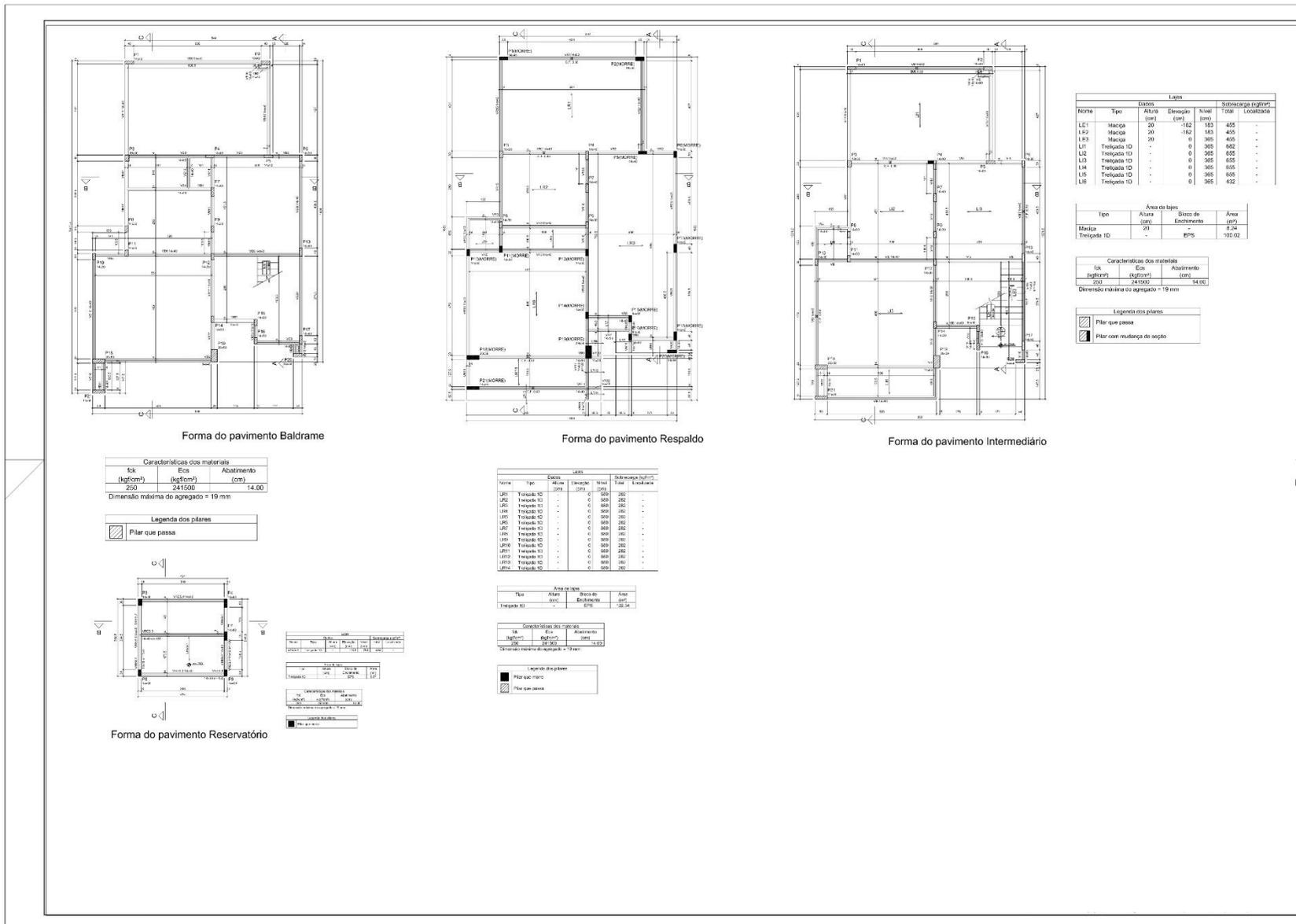
6 3D-3

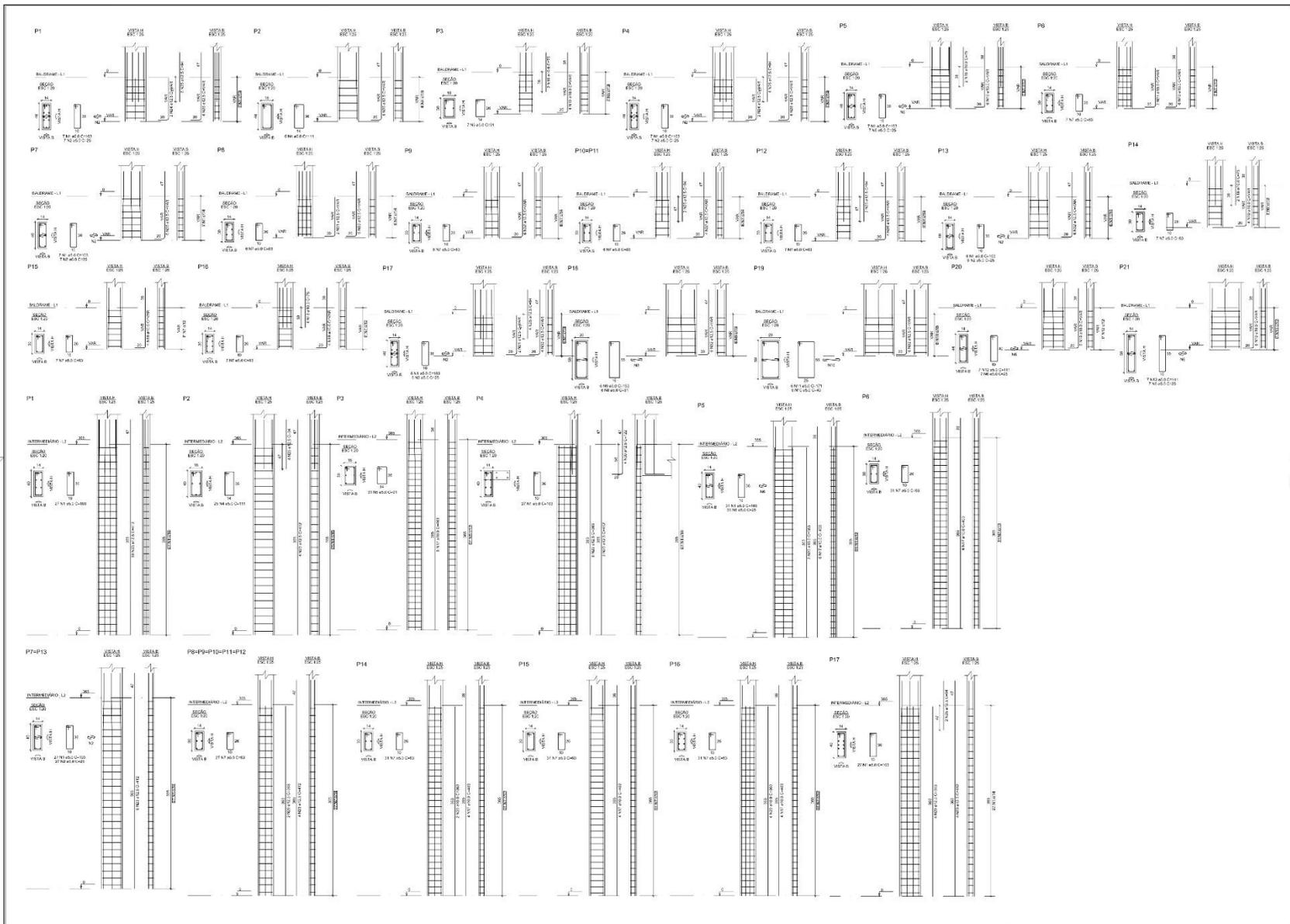


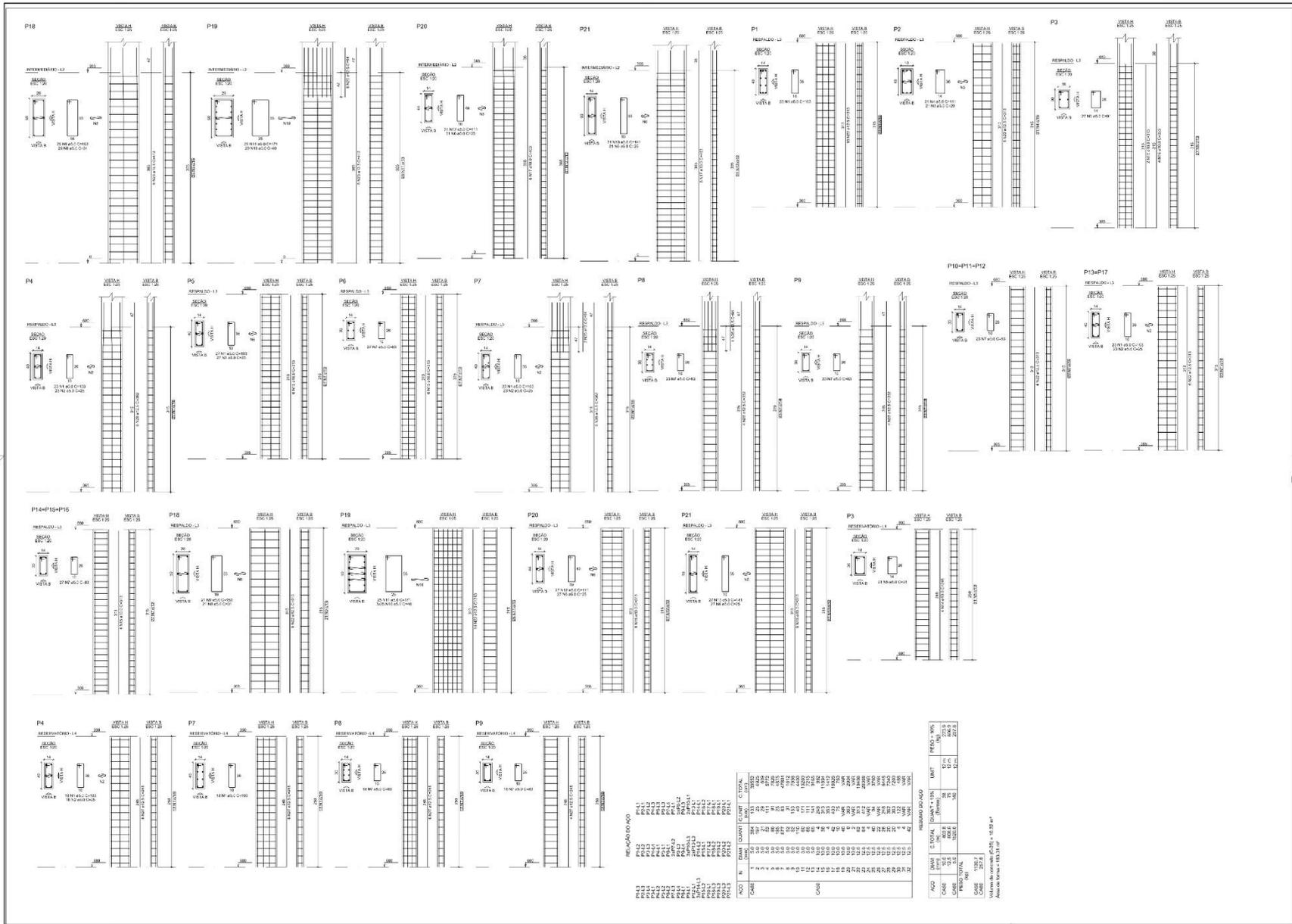
4 3D-1

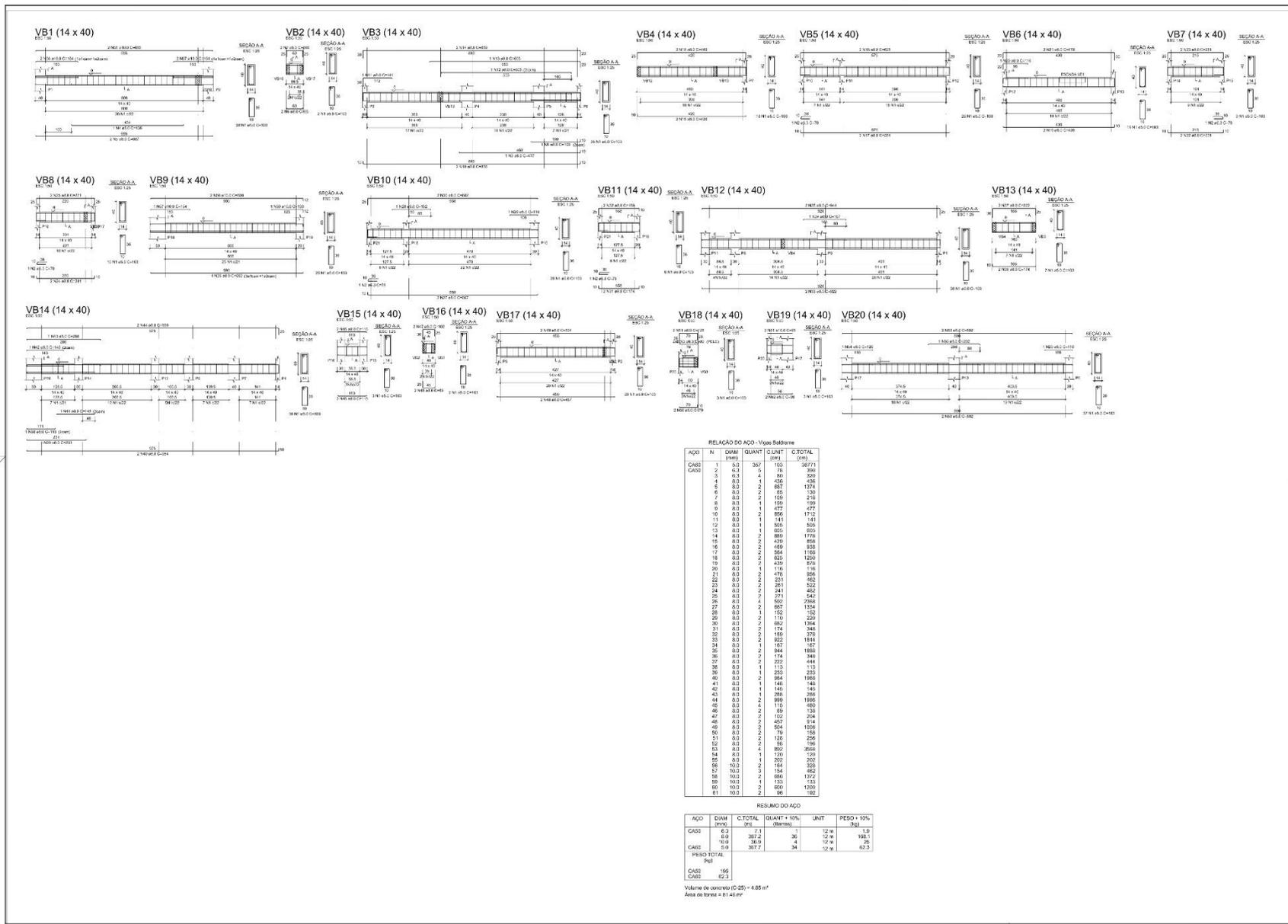
ANEXO 2 – Representação do projeto estrutural em concreto armado

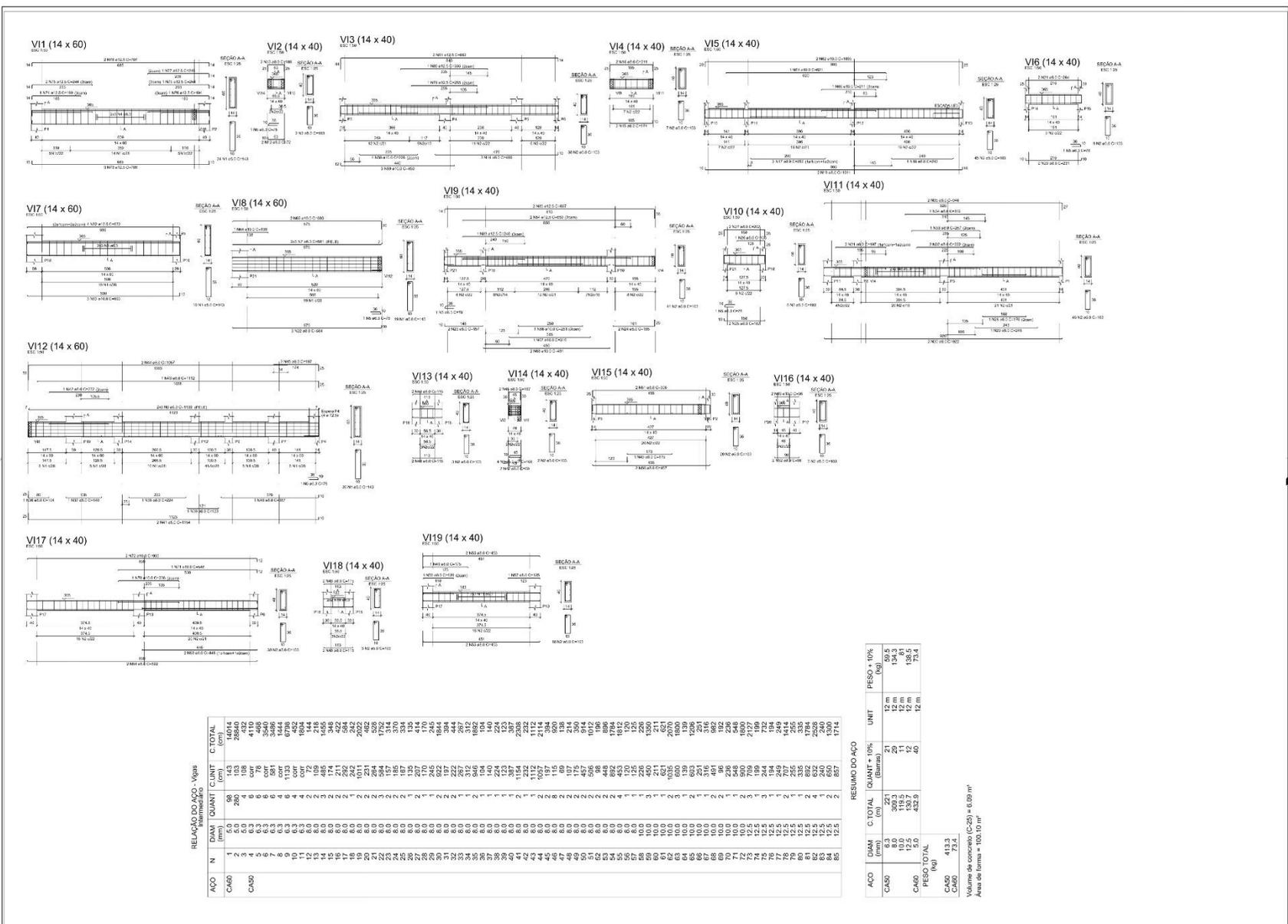












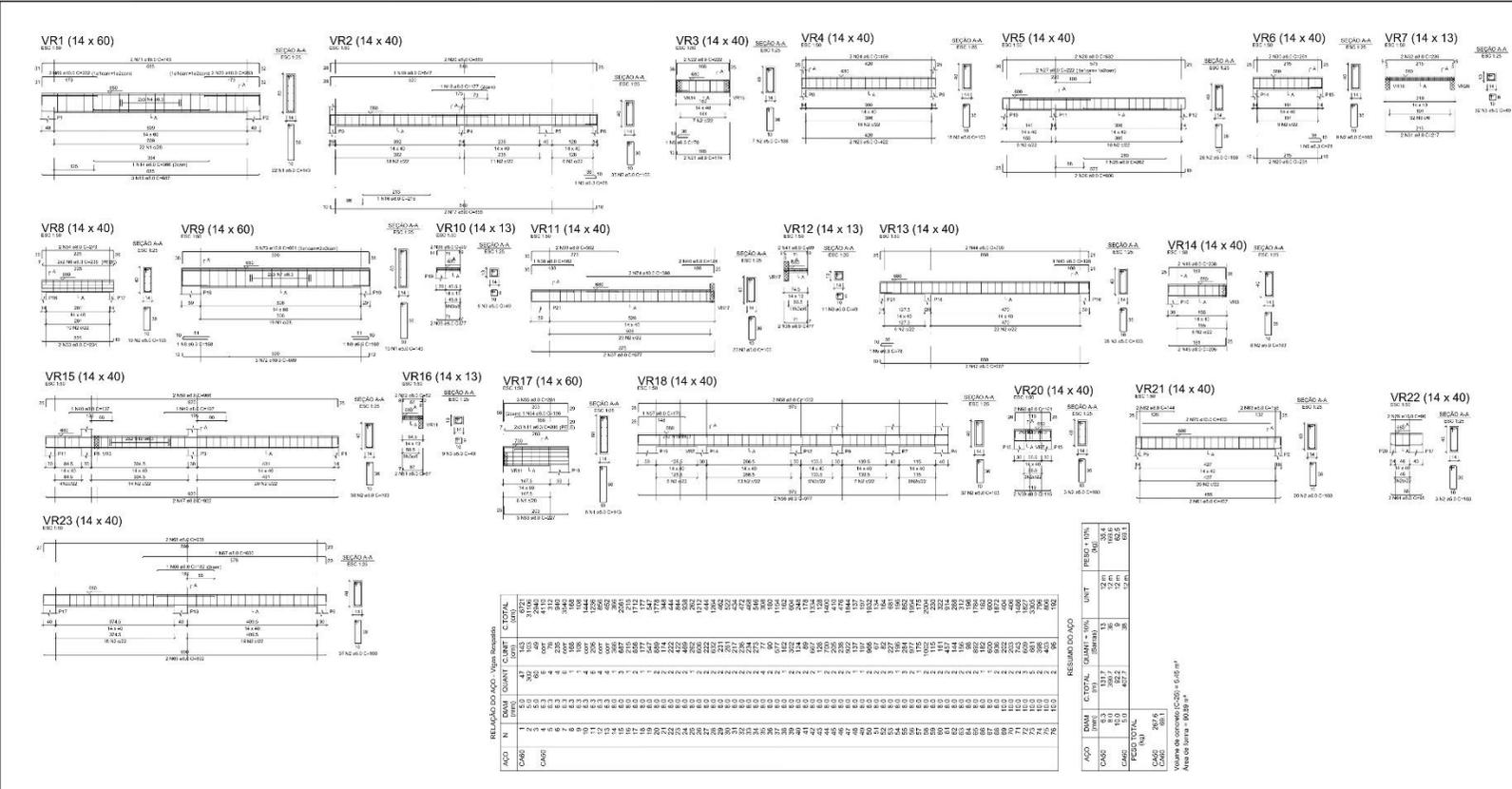
RELAÇÃO DO AÇO - Vigas

ACO	N	DIAM (mm)	QUANT	C/LINHT (cm)	C-TOTAL (cm)
CABO	7	5,0	103	2060,5	2060,5
	8	5,0	103	432	432
	9	5,0	490	490	490
	10	5,0	78	591	591
CABO	6	6,3	591	3699	3699
	7	6,3	644	4044	4044
	8	6,3	452	2862	2862
	9	6,3	452	2862	2862
	10	6,3	452	2862	2862
	11	6,3	452	2862	2862
	12	6,3	452	2862	2862
	13	6,3	452	2862	2862
	14	6,3	452	2862	2862
	15	6,3	452	2862	2862
	16	6,3	452	2862	2862
	17	6,3	452	2862	2862
	18	6,3	452	2862	2862
	19	6,3	452	2862	2862
	20	6,3	452	2862	2862
	21	6,3	452	2862	2862
	22	6,3	452	2862	2862
	23	6,3	452	2862	2862
	24	6,3	452	2862	2862
25	6,3	452	2862	2862	
26	6,3	452	2862	2862	
27	6,3	452	2862	2862	
28	6,3	452	2862	2862	
29	6,3	452	2862	2862	
30	6,3	452	2862	2862	
31	6,3	452	2862	2862	
32	6,3	452	2862	2862	
33	6,3	452	2862	2862	
34	6,3	452	2862	2862	
35	6,3	452	2862	2862	
36	6,3	452	2862	2862	
37	6,3	452	2862	2862	
38	6,3	452	2862	2862	
39	6,3	452	2862	2862	
40	6,3	452	2862	2862	
41	6,3	452	2862	2862	
42	6,3	452	2862	2862	
43	6,3	452	2862	2862	
44	6,3	452	2862	2862	
45	6,3	452	2862	2862	
46	6,3	452	2862	2862	
47	6,3	452	2862	2862	
48	6,3	452	2862	2862	
49	6,3	452	2862	2862	
50	6,3	452	2862	2862	
51	6,3	452	2862	2862	
52	6,3	452	2862	2862	
53	6,3	452	2862	2862	
54	6,3	452	2862	2862	
55	6,3	452	2862	2862	
56	6,3	452	2862	2862	
57	6,3	452	2862	2862	
58	6,3	452	2862	2862	
59	6,3	452	2862	2862	
60	6,3	452	2862	2862	
61	6,3	452	2862	2862	
62	6,3	452	2862	2862	
63	6,3	452	2862	2862	
64	6,3	452	2862	2862	
65	6,3	452	2862	2862	
66	6,3	452	2862	2862	
67	6,3	452	2862	2862	
68	6,3	452	2862	2862	
69	6,3	452	2862	2862	
70	6,3	452	2862	2862	
71	6,3	452	2862	2862	
72	6,3	452	2862	2862	
73	6,3	452	2862	2862	
74	6,3	452	2862	2862	
75	6,3	452	2862	2862	
76	6,3	452	2862	2862	
77	6,3	452	2862	2862	
78	6,3	452	2862	2862	
79	6,3	452	2862	2862	
80	6,3	452	2862	2862	
81	6,3	452	2862	2862	
82	6,3	452	2862	2862	
83	6,3	452	2862	2862	
84	6,3	452	2862	2862	
85	6,3	452	2862	2862	

RESUMO DO AÇO

ACO	DIAM (mm)	C-TOTAL (cm)	QUANT * 10%	UNIT (kg/m)	PESO * 10% (kg)
CABO	5,0	2060,5	21	12 m	56,5
CABO	6,3	3699	21	12 m	134,3
CABO	8,0	490	21	12 m	138,0
CABO	12,5	1307	11	12 m	73,4
CABO	5,0	432	40	12 m	73,4
CABO					413,3
CABO					73,4

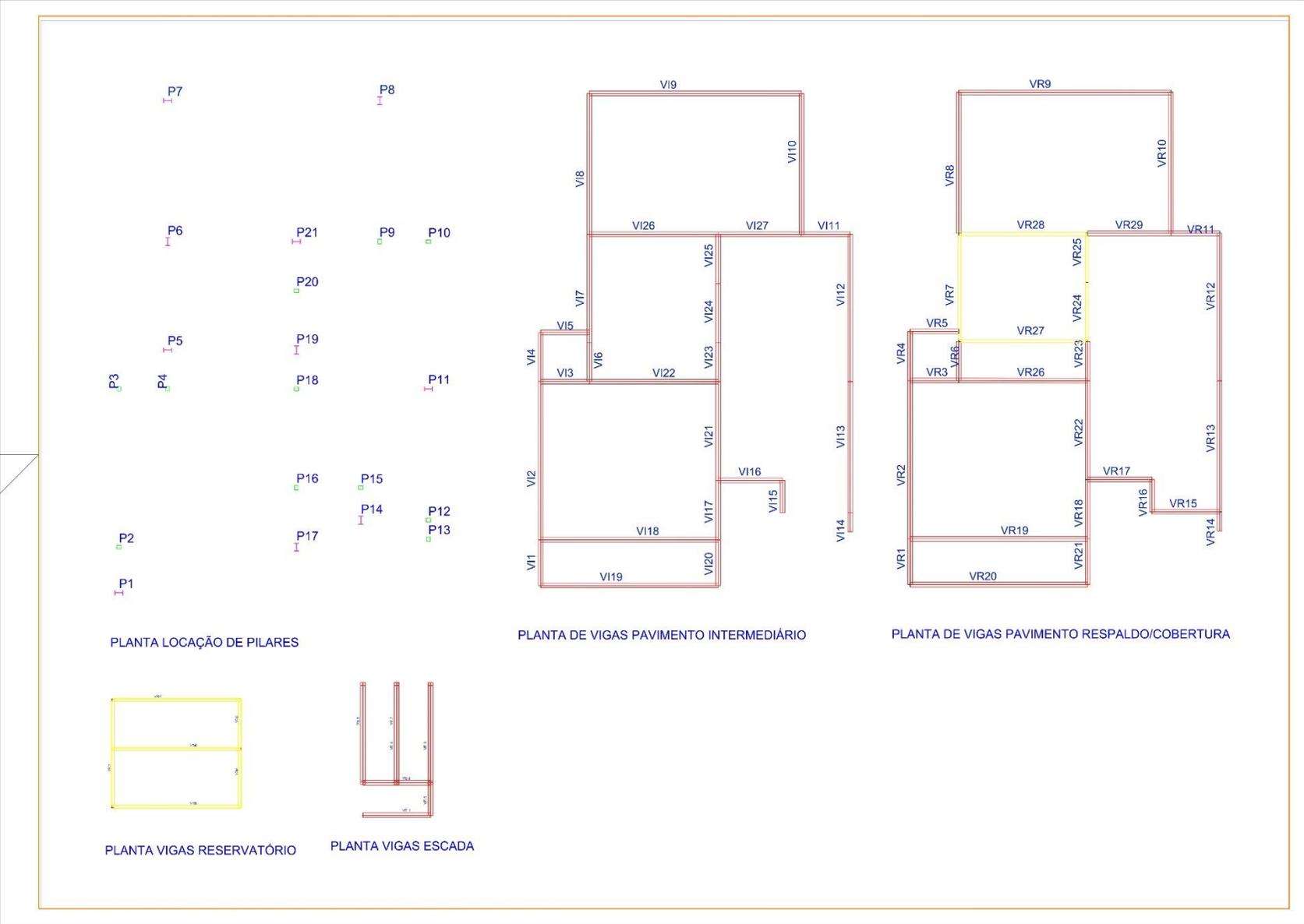
Volume de concreto (C-20) = 6,09 m³
 Área de forma = 100,10 m²

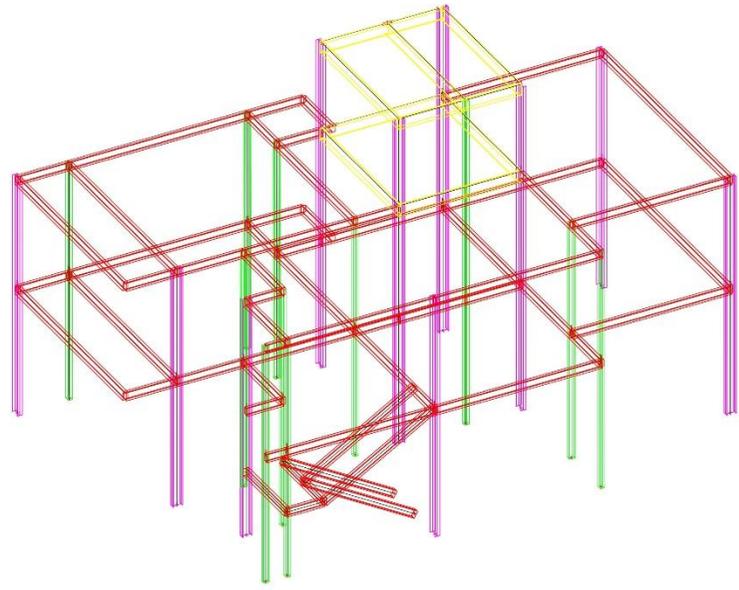


RELACÃO DO AÇO - Vigas Resumidas

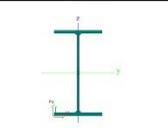
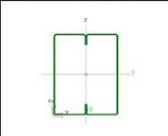
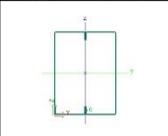
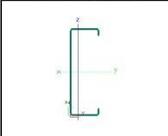
AÇO	N	DIM	QUANT	C. TOTAL	QUANT	UNID	RESUMO DO AÇO
AC1	1	10	10	100	100	kg	100
AC2	2	12	12	144	144	kg	144
AC3	3	14	14	196	196	kg	196
AC4	4	16	16	256	256	kg	256
AC5	5	18	18	324	324	kg	324
AC6	6	20	20	400	400	kg	400
AC7	7	22	22	484	484	kg	484
AC8	8	24	24	576	576	kg	576
AC9	9	26	26	676	676	kg	676
AC10	10	28	28	784	784	kg	784
AC11	11	30	30	900	900	kg	900
AC12	12	32	32	1024	1024	kg	1024
AC13	13	34	34	1156	1156	kg	1156
AC14	14	36	36	1296	1296	kg	1296
AC15	15	38	38	1444	1444	kg	1444
AC16	16	40	40	1600	1600	kg	1600
AC17	17	42	42	1764	1764	kg	1764
AC18	18	44	44	1936	1936	kg	1936
AC19	19	46	46	2116	2116	kg	2116
AC20	20	48	48	2304	2304	kg	2304
AC21	21	50	50	2500	2500	kg	2500
AC22	22	52	52	2704	2704	kg	2704
AC23	23	54	54	2916	2916	kg	2916
AC24	24	56	56	3136	3136	kg	3136
AC25	25	58	58	3364	3364	kg	3364
AC26	26	60	60	3600	3600	kg	3600
AC27	27	62	62	3844	3844	kg	3844
AC28	28	64	64	4096	4096	kg	4096
AC29	29	66	66	4356	4356	kg	4356
AC30	30	68	68	4624	4624	kg	4624
AC31	31	70	70	4900	4900	kg	4900
AC32	32	72	72	5184	5184	kg	5184
AC33	33	74	74	5476	5476	kg	5476
AC34	34	76	76	5776	5776	kg	5776
AC35	35	78	78	6084	6084	kg	6084
AC36	36	80	80	6400	6400	kg	6400
AC37	37	82	82	6724	6724	kg	6724
AC38	38	84	84	7056	7056	kg	7056
AC39	39	86	86	7396	7396	kg	7396
AC40	40	88	88	7744	7744	kg	7744
AC41	41	90	90	8100	8100	kg	8100
AC42	42	92	92	8464	8464	kg	8464
AC43	43	94	94	8836	8836	kg	8836
AC44	44	96	96	9216	9216	kg	9216
AC45	45	98	98	9604	9604	kg	9604
AC46	46	100	100	10000	10000	kg	10000
AC47	47	102	102	10404	10404	kg	10404
AC48	48	104	104	10816	10816	kg	10816
AC49	49	106	106	11244	11244	kg	11244
AC50	50	108	108	11688	11688	kg	11688
AC51	51	110	110	12140	12140	kg	12140
AC52	52	112	112	12600	12600	kg	12600
AC53	53	114	114	13068	13068	kg	13068
AC54	54	116	116	13544	13544	kg	13544
AC55	55	118	118	14028	14028	kg	14028
AC56	56	120	120	14520	14520	kg	14520
AC57	57	122	122	15016	15016	kg	15016
AC58	58	124	124	15516	15516	kg	15516
AC59	59	126	126	16020	16020	kg	16020
AC60	60	128	128	16528	16528	kg	16528
AC61	61	130	130	17040	17040	kg	17040
AC62	62	132	132	17556	17556	kg	17556
AC63	63	134	134	18076	18076	kg	18076
AC64	64	136	136	18600	18600	kg	18600
AC65	65	138	138	19128	19128	kg	19128
AC66	66	140	140	19660	19660	kg	19660
AC67	67	142	142	20196	20196	kg	20196
AC68	68	144	144	20736	20736	kg	20736
AC69	69	146	146	21280	21280	kg	21280
AC70	70	148	148	21828	21828	kg	21828
AC71	71	150	150	22380	22380	kg	22380
AC72	72	152	152	22936	22936	kg	22936
AC73	73	154	154	23496	23496	kg	23496
AC74	74	156	156	24060	24060	kg	24060
AC75	75	158	158	24628	24628	kg	24628
AC76	76	160	160	25200	25200	kg	25200
AC77	77	162	162	25776	25776	kg	25776
AC78	78	164	164	26356	26356	kg	26356
AC79	79	166	166	26940	26940	kg	26940
AC80	80	168	168	27528	27528	kg	27528
AC81	81	170	170	28120	28120	kg	28120
AC82	82	172	172	28716	28716	kg	28716
AC83	83	174	174	29316	29316	kg	29316
AC84	84	176	176	29920	29920	kg	29920
AC85	85	178	178	30528	30528	kg	30528
AC86	86	180	180	31140	31140	kg	31140
AC87	87	182	182	31756	31756	kg	31756
AC88	88	184	184	32376	32376	kg	32376
AC89	89	186	186	32996	32996	kg	32996
AC90	90	188	188	33616	33616	kg	33616
AC91	91	190	190	34240	34240	kg	34240
AC92	92	192	192	34868	34868	kg	34868
AC93	93	194	194	35496	35496	kg	35496
AC94	94	196	196	36128	36128	kg	36128
AC95	95	198	198	36760	36760	kg	36760
AC96	96	200	200	37396	37396	kg	37396
AC97	97	202	202	38032	38032	kg	38032
AC98	98	204	204	38672	38672	kg	38672
AC99	99	206	206	39312	39312	kg	39312
AC100	100	208	208	39956	39956	kg	39956
AC101	101	210	210	40600	40600	kg	40600
AC102	102	212	212	41248	41248	kg	41248
AC103	103	214	214	41896	41896	kg	41896
AC104	104	216	216	42544	42544	kg	42544
AC105	105	218	218	43192	43192	kg	43192
AC106	106	220	220	43840	43840	kg	43840
AC107	107	222	222	44488	44488	kg	44488
AC108	108	224	224	45136	45136	kg	45136
AC109	109	226	226	45784	45784	kg	45784
AC110	110	228	228	46432	46432	kg	46432
AC111	111	230	230	47080	47080	kg	47080
AC112	112	232	232	47728	47728	kg	47728
AC113	113	234	234	48376	48376	kg	48376
AC114	114	236	236	49024	49024	kg	49024
AC115	115	238	238	49672	49672	kg	49672
AC116	116	240	240	50320	50320	kg	50320
AC117	117	242	242	50968	50968	kg	50968
AC118	118	244	244	51616	51616	kg	51616
AC119	119	246	246	52264	52264	kg	52264
AC120	120	248	248	52912	52912	kg	52912
AC121	121	250	250	53560	53560	kg	53560
AC122	122	252	252	54208	54208	kg	54208
AC123	123	254	254	54856	54856	kg	54856
AC124	124	256	256	55504	55504	kg	55504
AC125	125	258	258	56152	56152	kg	56152
AC126	126	260	260	56800	56800	kg	56800
AC127	127	262	262	57448	57448	kg	57448
AC128	128	264	264	58096	58096	kg	58096
AC129	129	266	266	58744	58744	kg	58744
AC130	130	268	268	59392	59392	kg	59392
AC131	131	270	270	60040	60040	kg	60040
AC132	132	272	272	60688	60688	kg	60688
AC133	133	274	274	61336	61336	kg	61336
AC134	134	276	276	61984	61984	kg	61984
AC135	135	278	278	62632	62632	kg	62632
AC136	136	280	280	63280	63280	kg	63280
AC137	137	282	282	63928	63928	kg	63928
AC138	138	284	284	64576	64576	kg	64576
AC139	139	286	286	65224	65224	kg	65224
AC140	140	288	288	65872	65872	kg	65872
AC141	141	290	290	66520	66520	kg	66520
AC142	142	292	292	67168	67168	kg	67168
AC143	143	294	294	67816	67816	kg	67816
AC144	144	296	296	68464	68464	kg	68464
AC145	145	298	298	69112	69112	kg	69112
AC146	146	300	300	69760	69760	kg	69760
AC147	147	302	302	70408	70408	kg	70408
AC148	148	304	304	71056	71056	kg	71056
AC149	149	306	306	71704	71704	kg	71704
AC150	150	308	308	72352	72352	kg	72352

ANEXO 3 – Representação do projeto estrutural em estrutura metálica





PERSPECTIVA ESTRUTURA

RELAÇÃO DE PERFIS UTILIZADOS			
Perfil de pilar em cor magenta	Perfil de pilar em cor verde	Perfil de viga em cor vermelha	Perfil de viga em cor amarela
W250x32,7	Perfil caixa - Duplo Ue 150x60x20 #2,25	Perfil caixa - Duplo Ue 200x75x20 #2,00	Perfil Ue 300x100x25 #4,75
			

Seção Transversal	Massa [kg]	Metragem linear	Identificador
W250x32,7	2575,3 kg	78,8 m	
Perfil caixa - Duplo Ue 150x60x20 #2,25	805,8 kg	77,3 m	
Perfil caixa - Duplo Ue 200x75x20 #2,00	2042,2 kg	172,6 m	
Perfil Ue 300x100x25 #4,75	661,5 kg	34,2 m	
Total	6084,8 kg	362,9 m	

ANEXO 4 – Representação do orçamento de concreto armado

ITEM	FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND	QTD	VLR UNIT	TOTAL (S/ BDI)	VLR BDI	TOTAL (C/ BDI)	REPRES.	ABC
01			FUNDAÇÃO				20.848,08		27.142,12	11,15%	
01.01			ESTACAS								
01.01.01	SINAPI	100897	ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE, SEM FLUIDO ESTABILIZANTE, COM 40CM DE DIÂMETRO, CONCRETO LANÇADO POR CAMINHÃO BETONEIRA (EXCLUSIVE MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO). AF_01/2020	M	90,00	133,46	12.011,40	3.626,24	15.637,64	6,42%	C
01.01.02	SINAPI	96543	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	24,05	18,55	446,13	134,69	580,82	0,24%	C
01.01.03	SINAPI	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	111,00	14,85	1.648,35	497,64	2.145,99	0,88%	C
01.02			BLOCOS DE COROAMENTO								
01.02.01	GOINFRA	50902	APILOAMENTO (BLOCOS/SAPATAS)	m2	7,50	4,25	31,88	9,62	41,50	0,02%	C
01.02.02	GOINFRA	60470	LASTRO DE BRITA - (OBRAS CIVIS)	m3	7,50	167,44	1.255,80	379,13	1.634,93	0,67%	C
01.02.03	SINAPI	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M3	4,87	490,40	2.388,25	721,01	3.109,26	1,28%	C
01.02.04	GOINFRA	51026	LANÇAMENTO/APLICAÇÃO/ADENSAMENTO DE CONCRETO EM FUNDAÇÃO- (O.C.)	m3	4,87	32,28	157,20	47,46	204,66	0,08%	C
01.02.05	SINAPI	96543	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	5,30	18,55	98,32	29,68	128,00	0,05%	C
01.02.06	SINAPI	96544	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	8,70	17,59	153,03	46,20	199,23	0,08%	C
01.02.07	SINAPI	96545	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	98,80	16,54	1.634,15	493,35	2.127,50	0,87%	C
01.02.08	SINAPI	96547	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	81,30	12,59	1.023,57	309,02	1.332,59	0,55%	C
02			VIGAS BALDRAME				12.107,77		15.763,10	6,47%	
02.01	GOINFRA	50902	APILOAMENTO (BLOCOS/SAPATAS)	m2	4,19	4,25	17,81	5,38	23,19	0,01%	C
02.02	GOINFRA	60470	LASTRO DE BRITA - (OBRAS CIVIS)	m3	0,20	167,44	33,49	10,11	43,60	0,02%	C
02.03	GOINFRA	60202	FORMA-TABUA C/REAPROV. 2 VEZES - (OBRAS CIVIS)	m2	40,26	127,92	5.150,06	1.554,80	6.704,86	2,75%	A
02.04	SINAPI	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M3	4,85	490,40	2.378,44	718,05	3.096,49	1,27%	C
02.05	GOINFRA	60801	LANÇAMENTO/APLICAÇÃO/ADENSAMENTO MANUAL DE CONCRETO - (OBRAS CIVIS)	m3	4,85	38,61	187,26	56,53	243,79	0,10%	C
02.06	SINAPI	96544	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	1,90	17,59	33,42	10,09	43,51	0,02%	C
02.07	SINAPI	96543	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	62,30	18,55	1.155,67	348,90	1.504,57	0,62%	C
02.08	SINAPI	96545	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	168,10	16,54	2.780,37	839,39	3.619,76	1,49%	C

ITEM	FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND	QTD	VLR UNIT	TOTAL (S/ BDI)	VLR BDI	TOTAL (C/ BDI)	REPRS.	ABC
02.09	SINAPI	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	25,00	14,85	371,25	112,08	483,33	0,20%	C
03			PILARES				34.532,45		44.957,79	18,46%	
03.01	GOINFRA	60202	FORMA-TABUA C/REAPROV. 2 VEZES - (OBRAS CIVIS)	m2	91,65	127,92	11.723,87	3.539,44	15.263,31	6,27%	A
03.02	SINAPI	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M3	10,32	490,40	5.060,93	1.527,89	6.588,82	2,71%	C
03.03	GOINFRA	60801	LANÇAMENTO/APLICAÇÃO/ADENSAMENTO MANUAL DE CONCRETO - (OBRAS CIVIS)	m3	10,32	38,61	398,46	120,30	518,76	0,21%	C
03.04	SINAPI	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	257,80	15,54	4.006,21	1.209,47	5.215,68	2,14%	C
03.05	SINAPI	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	273,90	13,30	3.642,87	1.099,78	4.742,65	1,95%	C
03.06	SINAPI	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	856,90	11,32	9.700,11	2.928,46	12.628,57	5,19%	C
04			VIGAS SUPERIORES				33.030,49		43.002,40	17,66%	
04.01			VIGAS INTERMEDIÁRIO								
04.01.01	SINAPI	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M3	6,09	490,40	2.986,54	901,64	3.888,18	1,60%	C
04.01.02	GOINFRA	60202	FORMA-TABUA C/REAPROV. 2 VEZES - (OBRAS CIVIS)	m2	40,23	127,92	5.146,22	1.553,64	6.699,86	2,75%	A
04.01.03	GOINFRA	60801	LANÇAMENTO/APLICAÇÃO/ADENSAMENTO MANUAL DE CONCRETO - (OBRAS CIVIS)	m3	6,09	38,61	235,13	70,99	306,12	0,13%	C
04.01.04	SINAPI	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	73,40	15,54	1.140,64	344,36	1.485,00	0,61%	C
04.01.05	SINAPI	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	59,50	15,23	906,19	273,58	1.179,77	0,48%	C
04.01.06	SINAPI	104109	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	134,30	17,48	2.347,56	708,73	3.056,29	1,26%	C
04.01.07	SINAPI	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	81,00	13,30	1.077,30	325,24	1.402,54	0,58%	C
04.01.08	SINAPI	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	138,50	11,32	1.567,82	473,32	2.041,14	0,84%	C
04.02			VIGAS RESPALDO								

ITEM	FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND	QTD	VLR UNIT	TOTAL (S/ BDI)	VLR BDI	TOTAL (C/ BDI)	REPRS.	ABC
04.02.01	SINAPI	94971	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	M3	5,45	485,52	2.646,08	798,85	3.444,93	1,41%	C
04.02.02	GOINFRA	60801	LANÇAMENTO/APLICAÇÃO/ADENSAMENTO MANUAL DE CONCRETO - (OBRAS CIVIS)	m3	5,45	38,61	210,42	63,53	273,95	0,11%	C
04.02.03	GOINFRA	60202	FORMA-TABUA C/REAPROV. 2 VEZES - (OBRAS CIVIS)	m2	45,44	127,92	5.812,68	1.754,85	7.567,53	3,11%	A
04.02.04	SINAPI	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	69,10	15,54	1.073,81	324,18	1.397,99	0,57%	C
04.02.05	SINAPI	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	35,40	15,23	539,14	162,77	701,91	0,29%	C
04.02.06	SINAPI	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	169,60	14,68	2.489,73	751,65	3.241,38	1,33%	C
04.02.07	SINAPI	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	62,50	13,30	831,25	250,95	1.082,20	0,44%	C
04.03			VIGAS RESERVATÓRIO								
04.01.01	SINAPI	94971	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	M3	1,68	485,52	815,67	246,25	1.061,92	0,44%	C
04.01.02	GOINFRA	60202	FORMA-TABUA C/REAPROV. 2 VEZES - (OBRAS CIVIS)	m2	14,10	127,92	1.803,67	544,53	2.348,20	0,96%	A
04.01.03	GOINFRA	60801	LANÇAMENTO/APLICAÇÃO/ADENSAMENTO MANUAL DE CONCRETO - (OBRAS CIVIS)	m3	1,68	38,61	64,86	19,58	84,44	0,03%	C
04.01.04	SINAPI	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	21,00	15,54	326,34	98,52	424,86	0,17%	C
04.01.05	SINAPI	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	0,40	15,23	6,09	1,84	7,93	0,00%	C
04.01.06	SINAPI	104109	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	57,40	17,48	1.003,35	302,91	1.306,26	0,54%	C
05			ESCADA				8.335,03		10.851,38	4,46%	
05.01	SINAPI	102078	ESCADA EM CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO, FCK 20 MPA, COM 2 LANCES EM "U" E LAJE CASCATA, FÔRMA EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA. AF_11/2020	M3	1,68	4.961,33	8.335,03	2.516,35	10.851,38	4,46%	C
06			LAJES				40.568,16		52.815,69	21,69%	
06.01	SINAPI	101963	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA PISO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+4). AF_11/2020	M2	106,89	184,09	19.677,38	5.940,60	25.617,98	10,52%	A

ITEM	FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND	QTD	VLR UNIT	TOTAL (S/ BDI)	VLR BDI	TOTAL (C/ BDI)	REPRES.	ABC
06.01	SINAPI	101964	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA FORRO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+3). AF_11/2020	M2	122,34	170,76	20.890,78	6.306,93	27.197,71	11,17%	A
07.02	GOINFRA	250101	ENGENHEIRO - (OBRAS CIVIS)	H	300,00	71,05	21.315,00	6.435,00	27.750,00	11,40%	A
CUSTO TOTAL DA OBRA:							187.048,98	56.470,09	243.519,07	100,00%	

ANEXO 5 – Representação do orçamento da estrutura metálica

ITEM	FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND	QTD	VLR UNIT	TOTAL (S/ BDI)	VLR BDI	TOTAL (C/ BDI)	REPRS.	ABC
01			FUNDAÇÃO				20.848,08		27.142,12	9,41%	
01.01			ESTACAS								
01.01.01	SINAPI	100897	ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE, SEM FLUIDO ESTABILIZANTE, COM 40CM DE DIÂMETRO, CONCRETO LANÇADO POR CAMINHÃO BETONEIRA (EXCLUSIVE MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO). AF_01/2020	M	90,00	133,46	12.011,40	3.626,24	15.637,64	5,42%	C
01.01.02	SINAPI	96543	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	24,05	18,55	446,13	134,69	580,82	0,20%	C
01.01.03	SINAPI	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	111,00	14,85	1.648,35	497,64	2.145,99	0,74%	C
01.02			BLOCOS DE COROAMENTO								
01.02.01	GOINFRA	50902	APILOAMENTO (BLOCOS/SAPATAS)	m2	7,50	4,25	31,88	9,62	41,50	0,01%	C
01.02.02	GOINFRA	60470	LASTRO DE BRITA - (OBRAS CIVIS)	m3	7,50	167,44	1.255,80	379,13	1.634,93	0,57%	C
01.02.03	SINAPI	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M3	4,87	490,40	2.388,25	721,01	3.109,26	1,08%	C
01.02.04	GOINFRA	51026	LANÇAMENTO/APLICAÇÃO/ADENSAMENTO DE CONCRETO EM FUNDAÇÃO- (O.C.)	m3	4,87	32,28	157,20	47,46	204,66	0,07%	C
01.02.05	SINAPI	96543	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	5,30	18,55	98,32	29,68	128,00	0,04%	C
01.02.06	SINAPI	96544	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	8,70	17,59	153,03	46,20	199,23	0,07%	C
01.02.07	SINAPI	96545	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	98,80	16,54	1.634,15	493,35	2.127,50	0,74%	C
01.02.08	SINAPI	96547	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	81,30	12,59	1.023,57	309,02	1.332,59	0,46%	C
02			VIGAS BALDRAME				12.107,77		15.763,10	5,47%	
02.01	GOINFRA	50902	APILOAMENTO (BLOCOS/SAPATAS)	m2	4,19	4,25	17,81	5,38	23,19	0,01%	C
02.02	GOINFRA	60470	LASTRO DE BRITA - (OBRAS CIVIS)	m3	0,20	167,44	33,49	10,11	43,60	0,02%	C
02.03	GOINFRA	60202	FORMA-TABUA C/REAPROV. 2 VEZES - (OBRAS CIVIS)	m2	40,26	127,92	5.150,06	1.554,80	6.704,86	2,33%	C
02.04	SINAPI	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M3	4,85	490,40	2.378,44	718,05	3.096,49	1,07%	C
02.05	GOINFRA	60801	LANÇAMENTO/APLICAÇÃO/ADENSAMENTO MANUAL DE CONCRETO - (OBRAS CIVIS)	m3	4,85	38,61	187,26	56,53	243,79	0,08%	C
02.06	SINAPI	96544	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	1,90	17,59	33,42	10,09	43,51	0,02%	C
02.07	SINAPI	96543	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	62,30	18,55	1.155,67	348,90	1.504,57	0,52%	C
02.08	SINAPI	96545	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	168,10	16,54	2.780,37	839,39	3.619,76	1,26%	C
02.09	SINAPI	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	25,00	14,85	371,25	112,08	483,33	0,17%	C
03			PILARES				80.393,01		104.663,66	36,29%	

ITEM	FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND	QTD	VLR UNIT	TOTAL (S/ BDI)	VLR BDI	TOTAL (C/ BDI)	REPRES.	ABC
03.01	SINAPI	100766	PILAR METÁLICO PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL, COM CONEXÕES SOLDADAS, INCLUSOS MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_P	KG	3.381,10	17,10	57.816,81	17.454,89	75.271,70	26,10%	C
04			VIGAS				46.638,83		60.719,09	21,06%	
04.01	SINAPI	100764	VIGA METÁLICA EM PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL, COM CONEXÕES SOLDADAS, INCLUSOS MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_P	KG	2.703,70	17,25	46.638,83	14.080,26	60.719,09	21,06%	A
05			ESCADA				20.944,95		27.268,23	9,46%	
05.01	SINAPI	100764	VIGA METÁLICA EM PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL, COM CONEXÕES SOLDADAS, INCLUSOS MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_P	KG	1.214,20	17,25	20.944,95	6.323,28	27.268,23	9,46%	A
06			LAJES				40.568,16		52.815,69	18,32%	
06.01	SINAPI	101963	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA PISO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+4). AF_11/2020	M2	106,89	184,09	19.677,38	5.940,60	25.617,98	8,88%	C
06.01	SINAPI	101964	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA FORRO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+3). AF_11/2020	M2	122,34	170,76	20.890,78	6.306,93	27.197,71	9,43%	C
07			MÃO DE OBRA								
03.01	GOINFRA	250103	ENCARREGADO - (OBRAS CIVIS)	H	480,00	20,39	9.787,20	2.954,76	12.741,96	4,42%	C
03.02	GOINFRA	250101	ENGENHEIRO - (OBRAS CIVIS)	H	180,00	71,05	12.789,00	3.861,00	16.650,00	5,77%	C
CUSTO TOTAL DA OBRA:							221.500,80	66.871,09	288.371,89	100,00%	