

MATHEUS KREMER FERREIRA
LETICIA COL DEBELLA SANTOS

ADAPTAÇÃO DE UM PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL PARA CONCRETO ARMADO: ANÁLISE DE VIABILIDADE E ORÇAMENTAÇÃO DA FUNDAÇÃO



MATHEUS KREMER FERREIRA
LETICIA COL DEBELLA SANTOS

ADAPTAÇÃO DE UM PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL PARA CONCRETO ARMADO: ANÁLISE DE VIABILIDADE E ORÇAMENTAÇÃO DA FUNDAÇÃO



2024 – Editora Uniesmero

www.uniesmero.com.br

uniesmero@gmail.com

Autores

Matheus Kremer Ferreira

Leticia Col Debella Santos

Editor Chefe: Jader Luís da Silveira

Editoração e Arte: Resiane Paula da Silveira

Imagens, Arte e Capa: Freepik/Uniesmero

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Ma. Tatiany Michelle Gonçalves da Silva, Secretaria de Estado do Distrito Federal, SEE-DF

Me. Elaine Freitas Fernandes, Universidade Estácio de Sá, UNESA

Me. Laurinaldo Félix Nascimento, Universidade Estácio de Sá, UNESA

Ma. Jaciara Pinheiro de Souza, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Dra. Náyra de Oliveira Frederico Pinto, Universidade Federal do Ceará, UFC

Ma. Emile Ivana Fernandes Santos Costa, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Me. Rudvan Cicotti Alves de Jesus, Universidade Federal de Sergipe, UFS

Me. Heder Junior dos Santos, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP

Ma. Dayane Cristina Guarnieri, Universidade Estadual de Londrina, UEL

Me. Dirceu Manoel de Almeida Junior, Universidade de Brasília, UnB

Ma. Cinara Rejane Viana Oliveira, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Esp. Jader Luís da Silveira, Grupo MultiAtual Educacional

Esp. Resiane Paula da Silveira, Secretaria Municipal de Educação de Formiga, SMEF

Sr. Victor Matheus Marinho Dutra, Universidade do Estado do Pará, UEPA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F383a	Ferreira, Matheus Kremer Adaptação de um projeto em alvenaria estrutural para concreto armado: Análise de viabilidade e orçamentação da fundação / Matheus Kremer Ferreira; Leticia Col Debella Santos. – Formiga (MG): Editora Uniesmero, 2024. 49 p. : il. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5492-069-8 DOI: 10.5281/zenodo.10999305 1. Concreto Armado. 2. Concreto Reforçado com Fibras. 3. Fundação. I. Santos, Leticia Col Debella. II. Título. CDD: 624.1 CDU: 624
-------	---

Os conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam responsabilidade de seus autores.

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os fins comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Editora Uniesmero
CNPJ: 35.335.163/0001-00
Telefone: +55 (37) 99855-6001
www.uniesmero.com.br
uniesmero@gmail.com
Formiga - MG
Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:
<https://www.uniesmero.com.br/2024/04/adaptacao-de-um-projeto-em-alvenaria.html>



**ADAPTAÇÃO DE UM PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL PARA
CONCRETO ARMADO: ANÁLISE DE VIABILIDADE E ORÇAMENTAÇÃO DA
FUNDAÇÃO**

**MATHEUS KREMER FERREIRA
LETICIA COL DEBELLA SANTOS**

**ADAPTAÇÃO DE UM PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL PARA
CONCRETO ARMADO: ANÁLISE DE VIABILIDADE E ORÇAMENTAÇÃO DA
FUNDAÇÃO**

**Matheus Kremer Ferreira
Leticia Col Debella Santos**

Obra baseada no

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Dra. Leticia Col Debella Santos

RESUMO

O presente trabalho aborda a importância das fundações como elementos fundamentais no processo construtivo, responsáveis por transmitir as cargas da superestrutura para o solo. A escolha adequada do sistema de fundação é crucial para garantir a estabilidade da edificação e impacta diretamente no custo global da obra. A ABNT NBR 6122/2019 define fundações rasas como: sapatas, blocos, vigas de fundação e fundações profundas, como estacas e tubulões. A seleção da fundação adequada requer análise dos esforços atuantes, características do solo elementos e envolvidos. A pesquisa tem como objetivo comparar os custos entre duas abordagens construtivas: fundação em concreto armado com ênfase em sapatas e fundação em concreto reforçado com fibra (CRF), especificamente o radier. Será realizado o dimensionamento e o detalhamento das fundações no software TQS, seguido de um orçamento utilizando a tabela SINAPI. O estudo busca fornecer um comparativo econômico entre os diferentes tipos de fundação, considerando a substituição da planta arquitetônica original de alvenaria estrutural para concreto armado e alvenaria de vedação.

Palavras-chave: Concreto Armado. Concreto Reforçado com Fibras. Fundação.

ADAPTATION OF A PROJECT IN STRUCTURAL MASONRY FOR REINFORCED CONCRETE: FEASIBILITY ANALYSIS AND BUDGET OF THE FOUNDATION.

ABSTRACT

The present work addresses the importance of foundations as fundamental elements in the construction process, responsible for transmitting loads from the superstructure to the ground. The proper selection of the foundation system is crucial to ensure the stability of the building and has a direct impact on the overall cost of the project. The ABNT NBR 6122/2019 defines shallow foundations, such as footings, blocks, and foundation beams, and deep foundations, such as piles and caissons. The selection of the appropriate foundation requires an analysis of the applied forces, soil characteristics, and structural elements involved. The research aims to compare the costs between two construction approaches: reinforced concrete foundations, with a focus on footings, and fiber-reinforced concrete (FRC) foundations, specifically radier. The design and detailing of the foundations will be performed using the TQS software, followed by a cost estimation using the SINAPI table. The study seeks to provide an economic comparison of different foundation types, considering the replacement of the original architectural plan from structural masonry to reinforced concrete and masonry veneer.

Keywords: Fiber-Reinforced Concrete. Foundation. Reinforced Concrete.

SUMÁRIO

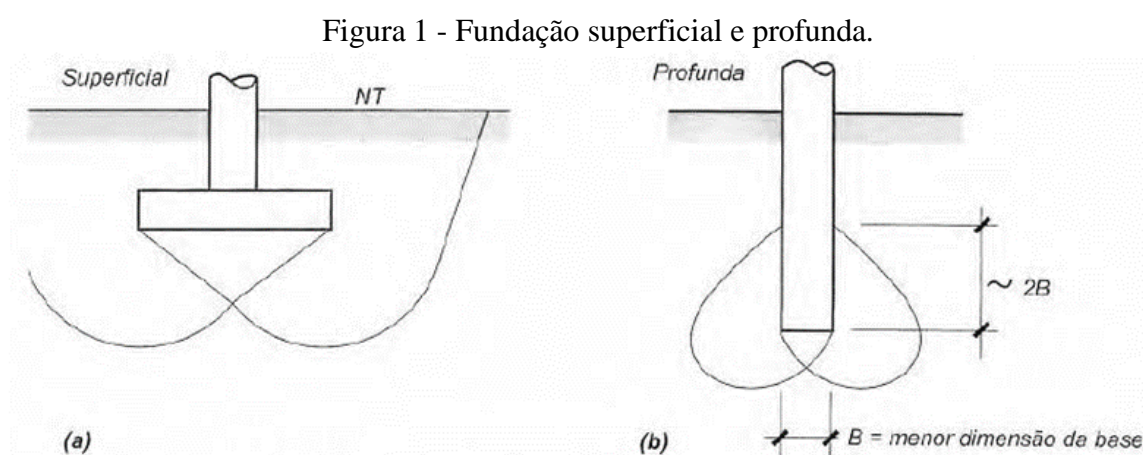
1 INTRODUÇÃO	09
2 DESENVOLVIMENTO	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	30
APÊNDICES	31
Autores	49

1 INTRODUÇÃO

Fundações desempenham um papel fundamental na construção, pois fazem parte da infraestrutura de edificações. Sua principal função é transferir e distribuir as cargas da estrutura para o solo. Devido à sua importância, o dimensionamento das fundações requer atenção especial, portanto, pode afetar significativamente o custo total da obra (AZEREDO, 1977).

Há uma ampla gama de sistemas de fundação disponíveis, e a escolha adequada depende de vários fatores. É importante que o profissional técnico avalie e selecione a alternativa mais universalmente para garantir a estabilidade do empreendimento (AZEREDO, 1977).

Segundo a ABNT NBR 6122/2019, define as fundações rasas como elemento de fundação cuja base está assentada em profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, recebendo aí as tensões distribuídas que equilibram a carga aplicada. Para esta definição adota-se a menor profundidade, caso esta não seja constante em todo o perímetro da fundação. Incluem-se neste tipo de fundação as sapatas, os blocos, os radiers, as sapatas associadas, as vigas de fundação e as sapatas corridas. A norma também define as fundações profundas como elementos de fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), pela sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m. Quando não for atingido o limite de oito vezes, a denominação é justificada. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões.



Fonte: Velloso; Lopes, 2010.

A escolha da fundação adequada requer o conhecimento dos esforços na edificação, das características do solo e dos elementos estruturais das fundações. Isso permite analisar a

viabilidade de diferentes tipos de fundo (WOLLE, 1993). Fundações bem projetadas correspondem de 3% a 10% do custo total do edifício; porém, se forem mal projetadas, podem atingir 5 a 10 vezes o custo da fundação mais apropriada para o caso (BRITO, 1987).

Conforme Azeredo (1977), um orçamento adequado é essencial em projetos estruturais para planejamento financeiro, controle de custos, decisões informadas e negociações eficazes. É crucial para a gestão eficiente e sucesso em empreendimentos de construção, definindo o custo provável da obra com detalhes de unidades, quantidades e preços.

Segundo a ABNT NBR 6118/2023, a norma define os elementos de concreto armado como aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência. Estruturas de concreto armado são comuns em várias obras, combinando concreto para compressão e aço para tração. O aço é usado devido à sua resistência à tração, e a combinação desses materiais cria elementos que suportam tanto tração quanto compressão.

A ABNT NBR 16935/2021 define o concreto reforçado com fibras (CRF) como um material compósito, caracterizado por uma matriz cimentícia com fibras estáveis em meio alcalino. Essas fibras são utilizadas como reforço estrutural que melhoram o comportamento do CRF no estado-limite último (ELU) e no estado-limite de serviço (ELS), podendo reforçar totalmente ou em conjunto com armadura passiva ou ativa.

O principal objetivo desta pesquisa é comparar os custos de dois tipos de fundação diferentes: sapatas de concreto armado e radier de concreto reforçado com fibra (CRF). O estudo visa identificar as variações de custo entre essas duas abordagens construtivas. Para atingir esse objetivo, a pesquisa incluiu a substituição da planta arquitetônica original por uma feita em concreto armado, elaboração de um projeto estrutural com dimensionamento da fundação no software TQS e, por fim, a realização de um orçamento para ambas as fundações usando a tabela SINAPI, seguido de uma análise econômica comparativa.

2 DESENVOLVIMENTO

O trabalho segue uma estrutura organizada com várias seções, como descrito nos próximos subtítulos, buscando fornecer uma explicação detalhada de cada parte.

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão bibliográfica deste trabalho é conduzida seguindo uma estrutura organizada

em diversas seções, fornecendo a descrição mais detalhada de cada subtítulos.

2.1.1 Projeto Estrutural

O projeto estrutural envolve a elaboração de representações gráficas de uma estrutura, seguindo os cálculos estruturais, com o objetivo de atender às necessidades do projeto arquitetônico. No contexto de um projeto estrutural para edificações em concreto armado, existem principalmente dois tipos de desenhos: o de forma e o de armadura (SANTOS, 2017). O Projeto estrutural tem como referência as recomendações descritas na ABNT NBR 6118/2023. A norma recomenda que o projeto estrutural deve proporcionar as informações necessárias para a execução da estrutura. São necessários projetos complementares de escoramento e formas, que não fazem parte do projeto estrutural.

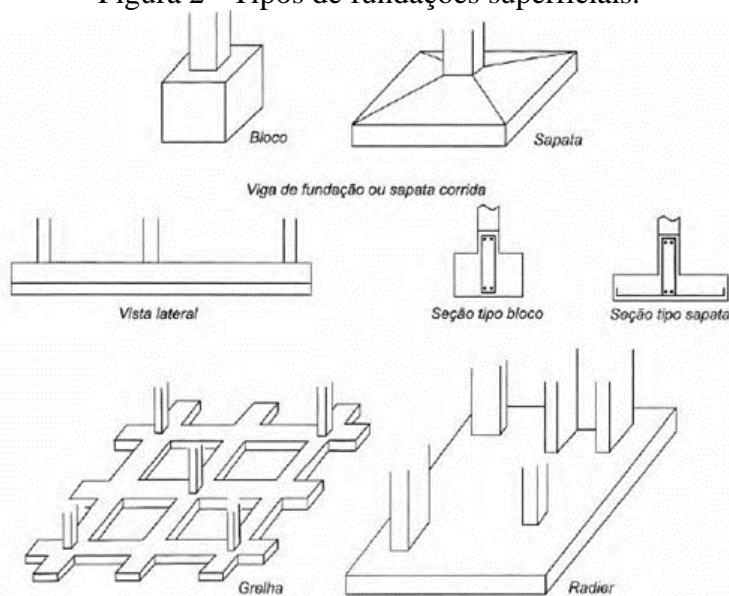
A norma ABNT NBR 6118/2023 estabelece critérios e requisitos para o projeto de estruturas de concreto armado. As solicitações previstas em projeto em uma estrutura devem ser inferiores às resistências para garantir a segurança e estabilidade da construção. Essa norma define diretrizes de projeto que devem ser seguidas ao dimensionar e elaborar os detalhes de todos os componentes estruturais e conexões que permitem a construção da estrutura como um todo. O detalhamento estrutural desempenha um papel fundamental na qualidade, segurança e eficiência de uma construção, influenciando diretamente sua longevidade e desempenho ao longo do tempo.

2.1.2 Projeto de fundação

De acordo com os autores Velloso e Lopes (2010), o projeto e a execução de fundações requerem conhecimentos em Geotecnia e Cálculo Estrutural, abrangendo disciplinas como Geologia de Engenharia, Mecânica dos Solos e Mecânica das Rochas, bem como análise e dimensionamento de estruturas em concreto armado, protendido, aço e madeira. São essenciais para um projeto de fundações adequado. Para um projeto de fundações adequado, é essencial considerar quatro elementos principais. O primeiro é a topografia da área, exigindo um levantamento detalhado, incluindo informações sobre taludes e encostas. O segundo elemento envolve dados geológicos e geotécnicos, que requerem uma investigação minuciosa do subsolo, além de dados como fotos aéreas e de satélite. O terceiro elemento é relacionado às construções vizinhas, incluindo informações sobre número de pavimentos, carga média por pavimento, modelo da estrutura, fundações existentes, desempenho das fundações e consequências

potenciais de escavações e vibrações. Por fim, o quarto elemento abrange informações sobre a estrutura a ser construída, incluindo modelo, uso, sistema estrutural, sistema construtivo e cargas atuantes nas fundações. O foco deste trabalho está em fundações superficiais, conforme a figura 2 abaixo:

Figura 2 - Tipos de fundações superficiais.



Fonte: Velloso; Lopes, 2010.

2.1.3 Radier

A norma ABNT NBR 6122/2019 define radier como um elemento de fundação rasa dotado de rigidez para que receba e distribua mais que 70% das cargas da estrutura. Velloso e Lopes complementam que o radier é uma fundação superficial que suporta parte ou todos os pilares da estrutura. É escolhido em situações em que as áreas das sapatas estão próximas, se sobrepõem devido as cargas elevadas nos pilares ou tensões baixas de trabalho, e quando é desejado uniformizar recalques. Uma diretriz prática é usar o radier quando a área total das sapatas excede a metade da área da construção (VELLOSO; LOPES, 2010).

De acordo com Velloso e Lopes (2010), A classificação dos métodos de cálculo de radiers pode ser desafiadora devido a várias abordagens diferentes. Os métodos podem ser divididos em aproximados e matematicamente mais elaborados ou em métodos numéricos, considerando a natureza do método. Também é possível classificá-los com base na utilização da Hipótese de Winkler ou no modelo do semi espaço elástico, dependendo do tipo de solo. Na figura 3 abaixo, é representado um radier já executado.

Figura 3 - Radier liso concretado e executado.



Fonte: Autor, 2023.

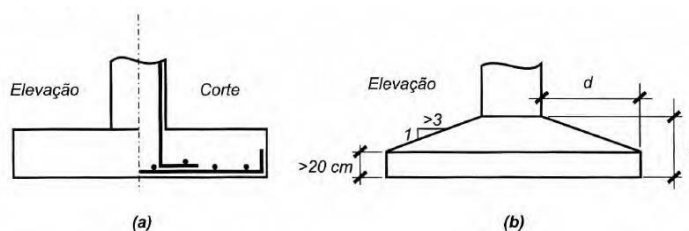
2.1.4 Sapata Isolada

A norma ABNT NBR 6122/2019 define sapata como um elemento de fundação rasa em concreto armado que é projetado de forma a resistir às tensões de tração por meio do uso de armadura estrategicamente posicionada com esse propósito.

A sapata pode ser projetada com altura constante ou variável. Optar por uma altura variável pode resultar em uma economia significativa de concreto, principalmente em sapatas maiores. Quanto à sua forma em planta, a sapata pode adotar uma ampla variedade de configurações, desde retângulos e círculos até polígonos irregulares (VELLOSO; LOPES, 2010).

Entre as fundações, a mais comumente utilizadas é a sapata de concreto armado. Uma característica distintiva dessa fundação é ter uma altura relativamente pequena em comparação com sua base. A sapata é projetada para suportar cargas lineares e pontuais e são recomendadas quando o solo é homogêneo e possui uma capacidade de carga média (CARVALHO, 2009). Conforme a figura 4 apresentado logo abaixo, demonstra a sapata isolada.

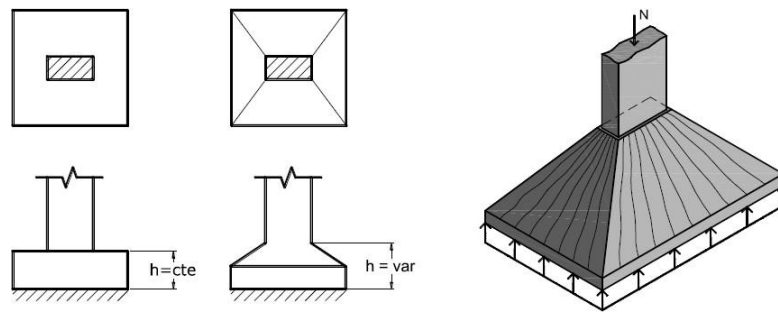
Figura 4 - Sapata de altura constante (a) e sapata de altura variável (b).



Fonte: Velloso e Lopes, 2010.

A sapata pode ser classificada em diversos tipos, incluindo a sapata isolada. Segundo Bastos (2019), este tipo é o mais comum em edificações, transmitindo as cargas de um único pilar para o solo. Geralmente, a forma retangular é a mais usada devido à presença de pilares retangulares, conforme ilustrado na figura 5.

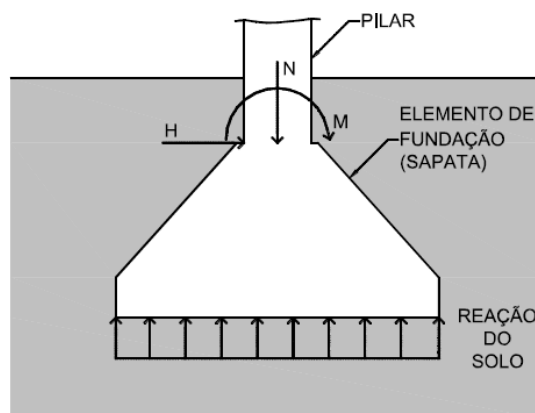
Figura 5 - Sapata isolada.



Fonte: Bastos, 2019.

As ações mais comuns que ocorrem nas sapatas são a força normal, momentos fletores sendo em uma ou em duas direções, e a força horizontal. Os momentos fletores, forças normais e forças horizontais nas sapatas ocorrem devido à ação das cargas aplicadas nas estruturas e à necessidade de transmitir essas cargas para o solo de maneira segura e eficaz. (BASTOS, 2019). Abaixo a figura 6 para a melhor representação e entendimento, apresentando as forças na sapata.

Figura 6 - Ações nas sapatas.



Fonte: Bastos, 2019.

2.1.5 Concreto armado

A ABNT NBR 6118/2023 define elementos de concreto armado como os que apresentaram uma dependência estrutural da aderência entre o concreto e a armadura e nos quais não se estendem extensões iniciais nas armaduras antes que essa aderência seja estabelecida.

Segundo Bastos (2011), Concreto Armado trata-se da combinação do concreto convencional com um material resistente à tração, incorporado de maneira a trabalhar em conjunto, de forma que ambos suportem os esforços aplicados de forma solidária. O autor apresenta de forma esquemática e que se pode indicar o que é concreto armado:

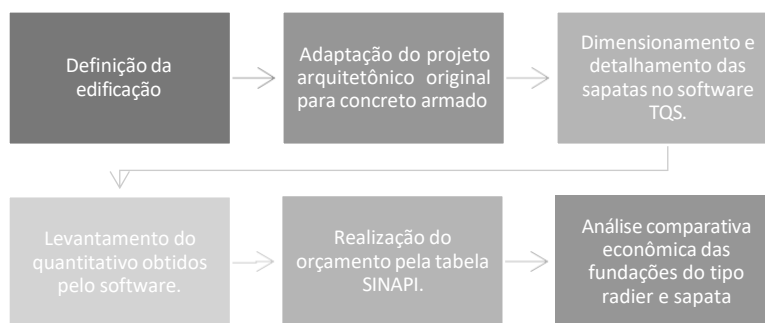
Concreto Armado = concreto simples + armadura + aderência.

O Concreto Armado combina as qualidades do concreto (baixo custo, durabilidade, resistência à água, fogo e elasticidade) com as do aço (ductilidade e alta resistência à tração), permitindo a construção de diversos elementos de maneira eficiente e adequada para uma ampla variedade de projetos. A aderência entre concreto e aço é crucial para o bom desempenho conjunto desses materiais (BASTOS, 2019).

2.2 Metodologia

Este trabalho consiste em uma análise comparativa de custo entre dois tipos de fundação rasa e diferentes materiais construtivos, sendo elas: radier e sapata isolada. Esses dois tipos de fundações foram avaliados para uma mesma edificação, a fim de validar a metodologia comparativa. O radier é constituído por concreto reforçado com fibras de aço e a sapata de concreto armado. O projeto arquitetônico e o projeto estrutural original já foram dimensionados para a execução de um condomínio residencial localizado no bairro Jardim Carvalho na cidade de Ponta Grossa PR. Esse empreendimento possui um lote com uma área total de 37.229 m². Além disso, a área construída, que inclui tanto as unidades habitacionais quanto as áreas de uso comum, totaliza 14.354,3 m². Para a execução do presente trabalho, uma série de passos metodológicos serão seguidos conforme fluxograma abaixo.

Figura 7 - Fluxograma dos processos.



Fonte: Autor, (2023)

2.2.1 Definição da edificação

Na figura 8 abaixo é representado o projeto de implementação onde o condomínio é composto por um total de 232 unidades habitacionais. Dessas unidades, 224 são sobrados, cada um com uma área construída de 61,38 m² de dois pavimentos. Além disso, há 8 unidades de casas, cada qual com uma área construída 59,47 m² de um pavimento. O tipo de edificação definida para o proposto trabalho será um sobrado com 61,38 m² e a empresa X disponibilizou os projetos necessários para a sua execução.

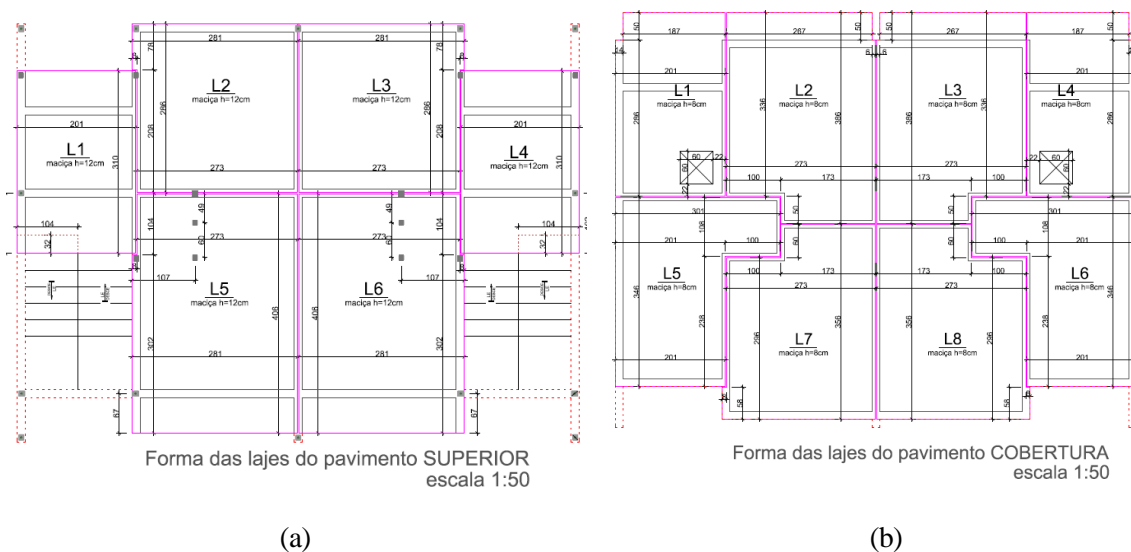
Figura 8 - Projeto de implantação do condomínio residencial.



Fonte: Empresa X, 2023

O projeto arquitetônico do residencial é executado em alvenaria estrutural e lajes içadas. As lajes são concretadas em um local específico na obra e após a cura total ela é içada e apoiada nas canaletas grauteadas de cada pavimento. Para um melhor entendimento, abaixo a figura 9 que representa a planta de formas das lajes do pavimento superior e pavimento cobertura.

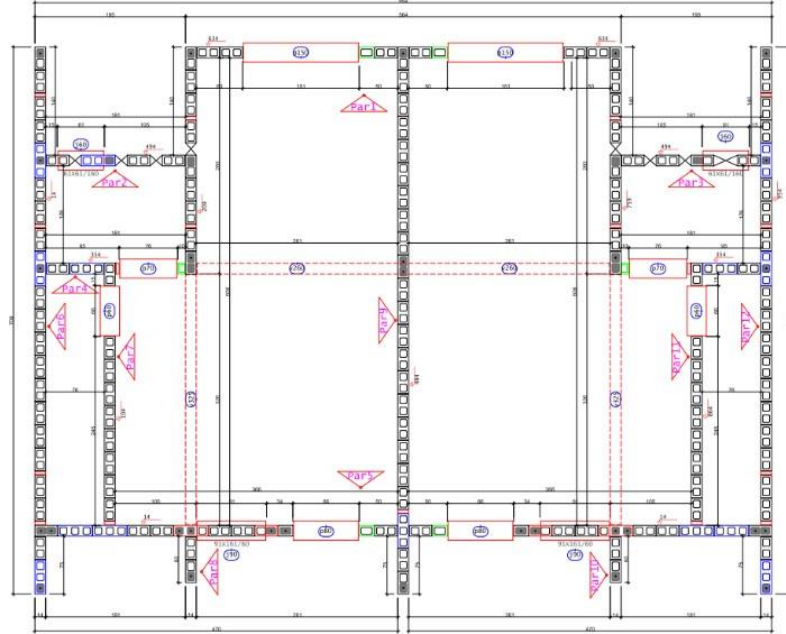
Figura 9 - Planta de formas das lajes do pavimento superior (a), planta de formas das lajes do pavimento cobertura (b).



Fonte: Empresa X, 2023.

A alvenaria estrutural é executada conforme o projeto estrutural dimensionado e detalhado. Nele consta projeto de primeira e segunda fiada obtendo a numeração das paredes, paginação delas e representado pontos de graute, caixinhas elétricas e janelas hidráulicas. No âmbito desta análise, faz-se referência às figuras 10 e 11 abaixo, onde na figura 10 a qual exibe o projeto da primeira fiada da parede da edificação onde nessa representação, são delineadas, adicionalmente, as orientações das vistas, a fim de permitir a análise da disposição das paredes. Na figura 11 analisamos as vistas de cada parede representada no projeto de primeira fiada da edificação, assim tendo um melhor entendimento dos detalhes elétricos e hidráulicos e também a conferência da paginação da parede.

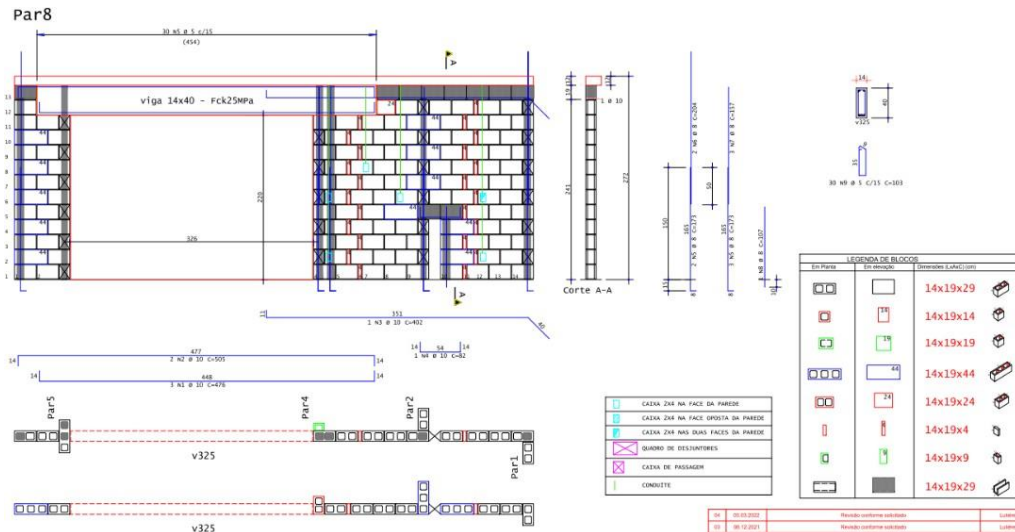
Figura 10 - Projeto da primeira fiada dos blocos cerâmicos da alvenaria



Desenho de 1ª fiada
ESC 1:25

Fonte: Empresa X, 2023.

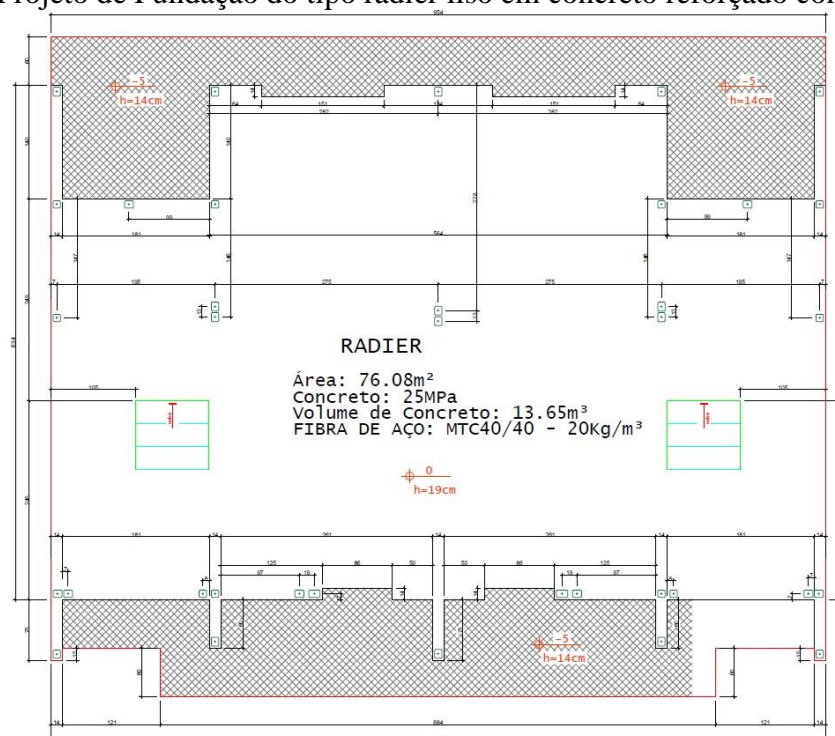
Figura 11 - Projeto da paginação dos blocos cerâmicos da alvenaria.



Fonte: Empresa X, 2023.

O projeto arquitetônico é representado pelos elementos construtivos e os seus respectivos cômodos. O primeiro pavimento da edificação é constituído pela varanda, sala, depósito, cozinha, lavabo, área de serviço e circulação. O segundo pavimento é constituído pela escada, dormitório 1 e 2, banheiro e a circulação.

Figura 13 - Projeto de Fundação do tipo radier liso em concreto reforçado com fibra de aço



Fonte: Empresa X, 2023.

2.2.2 Adaptação do projeto arquitetônico original para concreto armado

A modificação do projeto original consistiu na substituição do sistema construtivo de alvenaria estrutural por uma estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação. Os elementos de preenchimento de graute presentes na alvenaria estrutural foram substituídos por pilares, enquanto as canaletas foram substituídas por vigas. Além disso, a laje da edificação foi considerada uma laje maciça que será concretada in loco.

2.2.3 Dimensionamento e detalhamento das sapatas no software TQS

Foi realizado a concepção estrutural, seguido pelo pré-dimensionamento e lançamento dos elementos estruturais (pilares, vigas, lajes e fundação) no software TQS, em conformidade com a ABNT NBR 6118/2023. TQS é uma ferramenta de projeto estrutural que auxilia os engenheiros na concepção, análise e dimensionamento de estruturas de concreto armado, proporcionando eficiência, precisão e conformidade com as normas técnicas aplicáveis. A licença do software utilizada para este projeto foi a versão estudantil. O detalhamento do dimensionamento das vigas baldrame e das sapatas são encontrados nos apêndices A e B,

respectivamente, deste presente trabalho. No Apêndice C, estão incluídas imagens tridimensionais obtidas a partir do software, com o propósito de proporcionar uma visualização mais aprofundada de cada componente da fundação.

2.2.4. Levantamento do quantitativo obtidos pelo software.

Após a conclusão do processo de dimensionamento, o software forneceu as quantidades de materiais necessárias para a fundação dimensionada. Com base nessas informações, foi elaborada uma planilha no formato Excel, a fim de preparar o orçamento do projeto. Os valores para o orçamento foram obtidos por meio da consulta à tabela SINAPI.

2.2.5. Realização do orçamento pela tabela SINAPI

Com os dados levantados do software TQS foi realizado a consulta dos insumos na tabela SINAPI pelo site da Caixa Econômica Federal. A Tabela SINAPI é um Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil onde são apresentados valores aproximados dos serviços e insumos. Esse sistema tem por finalidade auxiliar com custos atualizados mensalmente para a realização de orçamento. A CAIXA é o órgão responsável pela gestão desse sistema. O SINAPI é um dos sistemas de referência de custos que deve ser adotado pelos orçamentistas para se obter os custos de referência que subsidiam a elaboração do orçamento de referência para obras com recursos públicos. (CAIXA, 2023)

O livro SINAPI metodologia e conceitos (2023), define orçamento como a identificação, descrição, quantificação, análise e valoração de mão de obra, equipamentos, materiais, custos financeiros, custos administrativos, impostos, riscos e margem de lucro desejada para adequada previsão do preço final de um empreendimento.

2.2.6 Análise comparativa econômica das fundações do tipo radier e sapata

Após a conclusão das consultas à tabela SINAPI, foi realizado um comparativo de insumos entre as opções de fundação radier e sapata. Esse comparativo está apresentado em formato de tabela, seguindo o modelo do software Excel.

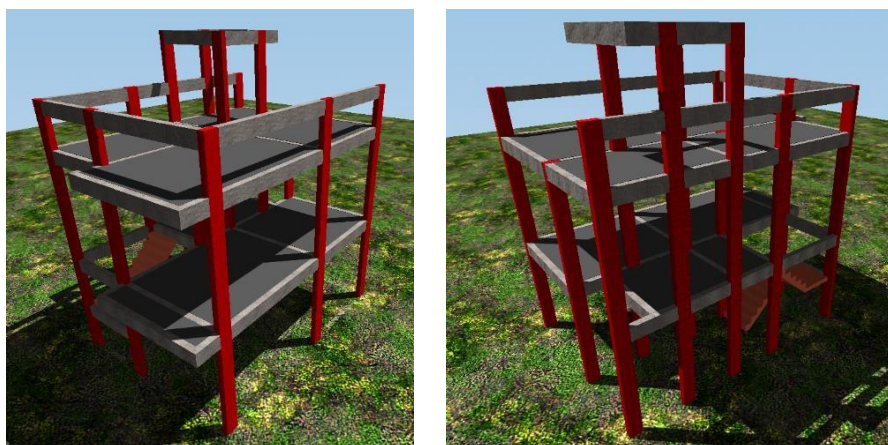
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, procederemos à análise dos resultados obtidos no resultado do proposto trabalho. Com o objetivo de avaliar as soluções econômicas de dois métodos construtivos, realizou-se a adaptação de um projeto originalmente concebido em alvenaria estrutural para uma estrutura em concreto armado. Esse novo projeto foi então submetido ao software TQS para análise estrutural. Posteriormente, os dados quantitativos gerados pelo software foram exportados para uma planilha do Excel, permitindo a comparação de custos de materiais.

3.1 ADAPTAÇÃO DO PROJETO

A fim de adaptar o projeto originalmente concebido em alvenaria estrutural para uma estrutura de concreto armado convencional, foi realizado à substituição dos pontos de graute por pilares e vigas. A etapa preliminar de pré-lançamento estrutural foi executada no software AutoCAD, e após essa etapa, cada planta de todos os pavimentos foi exportada para o software TQS. O esqueleto da edificação é apresentado nas figuras 14 e 15.

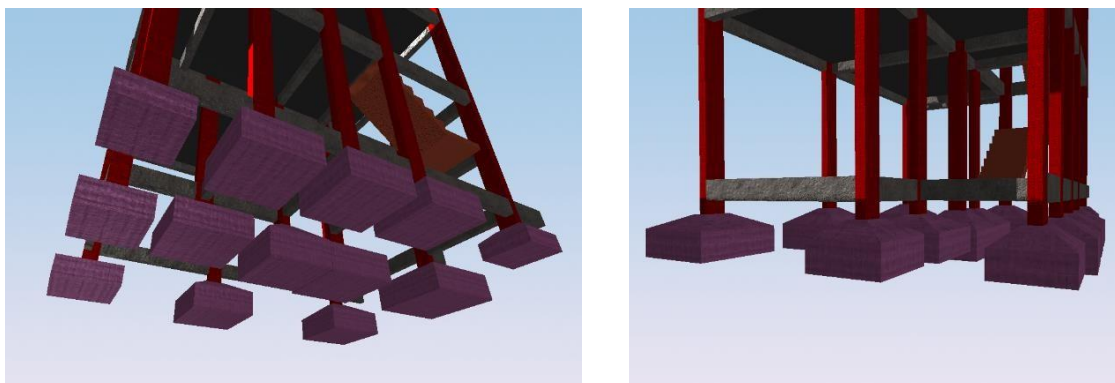
Figura 14 – Vista 3D da edificação no software TQS.



Fonte: Autor, 2023.

A fundação original, que consistia em um radier, foi substituída por sapatas isoladas. Com dimensionamento da nova fundação resultou em variações de dimensões nas peças de fundação, como também a variação em volume de concreto e quantidade de aço.

Figura 15 – Vista 3D dos elementos de fundação.

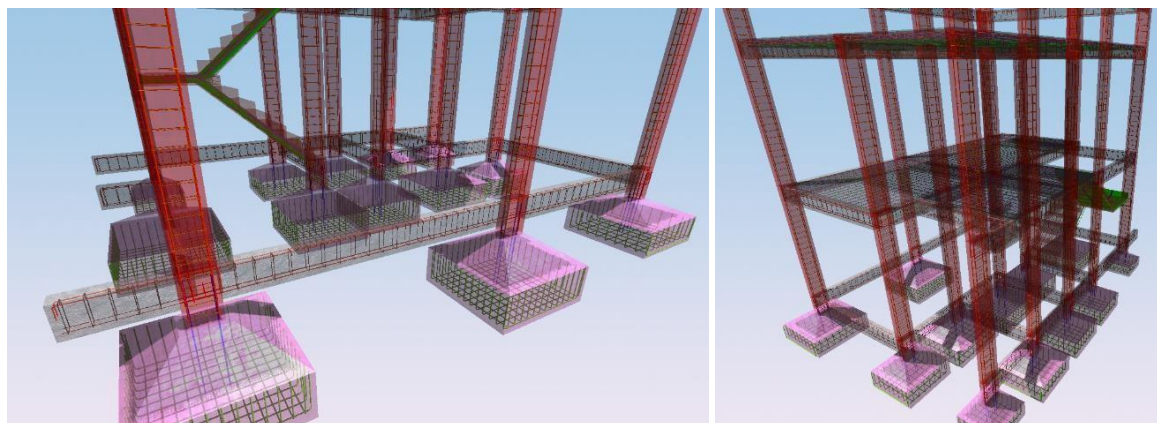


Fonte: Autor, 2023.

3.2 QUANTITATIVO DE MATERIAS

Com os relatórios dado pelo software, foi possível ter os dados necessários para a realização do orçamento dos dois tipos de fundação. O Resumo Estrutural é gravado num arquivo em formato html, podendo ser até transformado para Word. Nele consta informações importantes contidas no relatório, tais como a distribuição de carga no edifício, as reações obtidas nas grelhas e no pórtico espacial, as cargas médias, as taxas de consumo de aço, concreto e forma. Além disso, no final do relatório, é possível visualizar uma lista resumida de avisos e erros detectados durante o processamento global da estrutura. Para visualização de armaduras, o modelo 3D fornece uma demonstração conforme apresentado na figura 16.

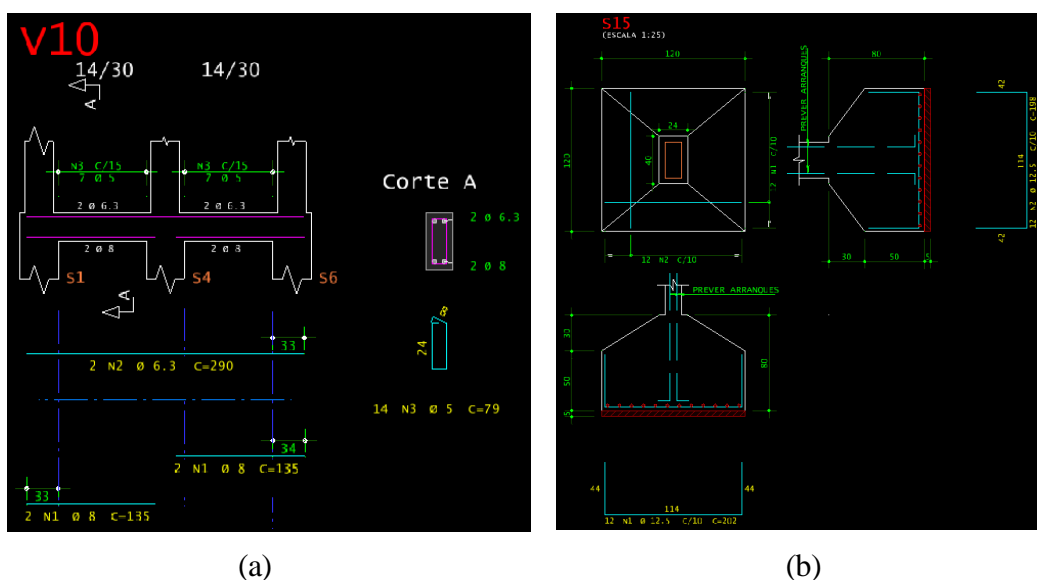
Figura 16 – Detalhamento das armaduras da edificação.



Fonte: Autor, 2023.

Além das representações tridimensionais, o software oferece detalhes completos de cada componente estrutural, que incluem detalhes com informações sobre o posicionamento das armaduras, cotas, cortes, o tipo de aço utilizado e suas dimensões. Detalhamentos precisos desempenham um papel fundamental em diversos aspectos no projeto estrutural. Eles são essenciais para garantir a segurança estrutural, impedindo potenciais falhas que poderiam representar riscos para a estrutura e para os usuários. Além disso, contribuem para a economia de materiais, possibilitando a otimização dos recursos e reduzindo tanto o desperdício quanto os custos de construção. Para facilitar a compreensão do detalhamento, conforme figura 17 abaixo, ilustram os detalhes de uma viga baldrame e de uma sapata do projeto adaptado.

Figura 17 – Detalhamento da viga baldrame (a), detalhamento da sapata isolada (b).



Fonte: Autor, 2023

3.3 ORÇAMENTO DAS FUNDAÇÕES

Conforme os resultados apresentados no relatório fornecido pelo software da adaptação do projeto, esta seção apresentará o quantitativo de materiais de ambos os métodos construtivos. Para a criação do orçamento da fundação do tipo radier, os dados quantitativos foram somente coletados, uma vez que a fundação já estava dimensionada, e posteriormente inseridos em uma planilha no formato Excel com o propósito de realizar a estimativa. O orçamento dos materiais

foram realizados pela tabela SINAPI, utilizando os valores de composição analítica não desonerado. A tabela 1 a seguir resume os quantitativos e os valores de cada componente das fundações.

Tabela 1 – Quantitativo e orçamento das fundações do tipo radier e sapata isolada com viga baldrame.

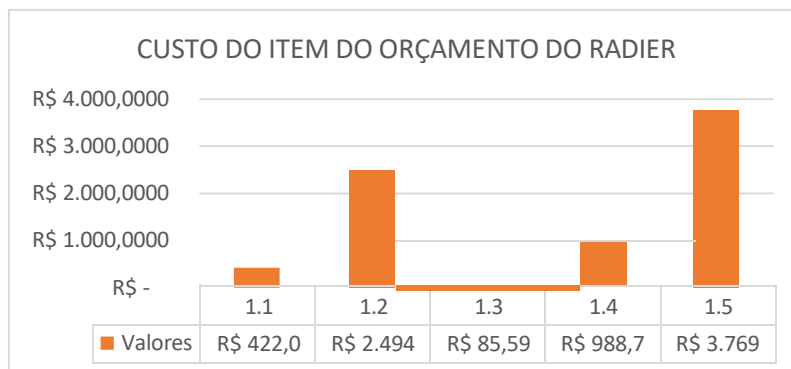
ITEM	CÓD.	DESCRIÇÃO	UN	QTD T.	\$ UNI.	\$ TOTAL
1 Radier (material)						R\$ 7.760,63
1.1	96624	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR (PEDRA BRITADA N.2), APLICADO EM PISOS OU LAJES SOBRE SOLO, ESPESURA DE 10 CM	m³	3,80	R\$ 110,94	R\$ 422,02
1.2	97086	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA PARA RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES	m²	38,04	R\$ 65,58	R\$ 2.494,66
1.3	97087	CAMADA SEPARADORA PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, EM LONA PLÁSTICA	m²	38,04	R\$ 2,25	R\$ 85,59
1.4	Fornec.	FIBRA DE AÇO FIBRAMIX MTC-40	KG	150,26	R\$ 6,58	R\$ 988,71
1.5	97096	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA L M3 LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	m³	7,51	R\$ 501,75	R\$ 3.769,65
2 Sapata (material)						R\$ 14.142,65
2.1	96619	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM BLOCOS DE COROAMENTO OU SAPATAS, ESPESURA DE 5 CM	m²	16,15	R\$ 20,43	R\$ 329,94
2.2	96529	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRADA, #25 MM, 1 UTILIZAÇÃO	m²	24,76	R\$ 248,57	R\$ 6.154,59
2.3	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM	Kg	20,54	R\$ 10,55	R\$ 216,70
2.4	96547	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM	Kg	230,72	R\$ 9,07	R\$ 2.092,63
2.5	96558	CONCRETAGEM DE SAPATAS, FCK 30 MPA, COM USO DE BOMBA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	m³	8,93	R\$ 546,98	R\$ 4.884,53
2.6	98557	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM EMULSÃO ASFÁLTICA, 2 DEMÃOS	m²	24,76	R\$ 18,75	R\$ 464,25
2.1 Viga Baldrame (material)						R\$ 5.386,30
2.1.1	96530	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO	m²	24,34	R\$ 140,91	R\$ 3.429,75
2.1.2	96543	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM	Kg	22,00	R\$ 11,64	R\$ 256,08
2.1.3	96544	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM	Kg	16,00	R\$ 11,69	R\$ 187,04
2.1.4	96545	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM	Kg	29,00	R\$ 11,48	R\$ 332,92
2.1.5	96557	CONCRETAGEM DE BLOCOS DE COROAMENTO E VIGAS BALDRAME, FCK 30 MPA, COM USO DE BOMBA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	m³	1,33	R\$ 544,46	R\$ 724,13
2.1.6	98557	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM EMULSÃO ASFÁLTICA, 2 DEMÃOS	m²	24,34	R\$ 18,75	R\$ 456,38
TOTAL DA FUNDAÇÃO DE SAPATA COM VIGA BALDRAME						R\$ 19.528,94

Fonte: Autor, 2023.

Foi solicitado um orçamento ao fornecedor para o item 1.4, fibra de aço Fibramix MTC-40, e o valor unitário foi apresentado por ele. Razão Social do Fornecedor é Matcon Produtos Para Construção LTDA, localizado na cidade de Mauá-SP.

Os dados apresentados na Tabela 1 demonstram que o custo total dos materiais para a construção do radier foi de R\$ 7.760,63, enquanto que, no caso da sapata isolada e viga baldrame, o custo total dos materiais foi de R\$ 19.528,94. Nas seguintes figuras 18 e 19, é apresentado os custos de cada item da tabela do orçamento com o seu valor real representado em forma de gráficos de barras.

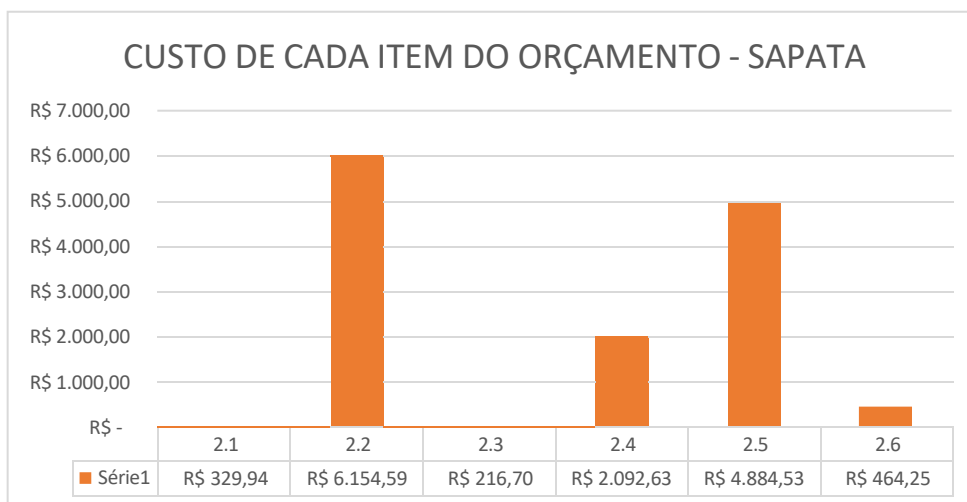
Figura 18 – Custo dos itens da fundação de radier.



Fonte: Autor, 2023.

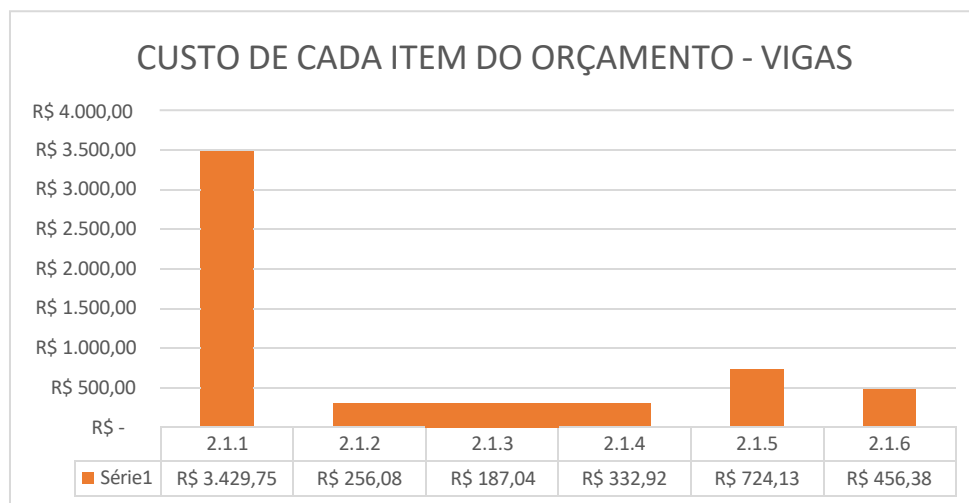
Ao examinar a figura 18, observa-se que o item 1.5, referente à concretagem do radier, apresenta o valor mais significativo no contexto do orçamento, enquanto o item 1.3, relacionado à camada separadora em lona plástica, é aquele com o valor mais reduzido dentro do orçamento.

Figura 19 – Custo dos itens da fundação somente da sapata isolada.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 20 – Custo dos itens da fundação somente da viga baldrame.



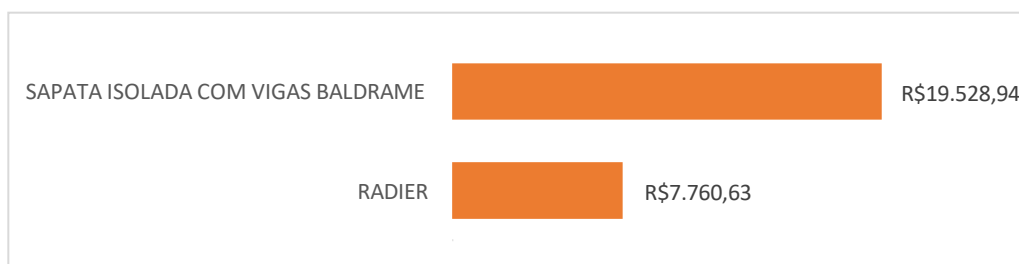
Fonte: Autor, 2023.

Com o intuito de proporcionar uma visualização mais aprimorada, foram elaborados dois gráficos referentes ao mesmo modelo de fundação, designados como Figura 19 e Figura 20, abrangendo, respectivamente, os custos associados à sapata e a viga baldrame. Analisando as figuras 19 e 20, observa-se que o item 2.2 apresentado na figura 19, referente à execução das formas, apresenta o valor mais significativo, já o item 2.1.3 apresentado na figura 20, relacionado à armação de aço de CA-50 6,3mm, é aquele com o valor mais reduzido dentro do orçamento.

3.4 COMPARATIVO DO ORÇAMENTO

Conforme a análise da figura 20, verifica-se que ocorreu uma redução de 60% no custo de materiais durante a execução da fundação do feitiço radier. Os principais fatores dessa economia foram os materiais empregados na montagem das formas, na concretagem e nas barras de aço. Ao analisar os valores obtidos, notou-se que os itens que mais se destacaram em diferenças significativas de custo foram as formas, o concreto e o aço, com economias de 74%, 33% e 68%, respectivamente. Abaixo a figura 20, disposto em ordem sequencial, podemos observar os valores totais dos materiais de cada tipo de fundação de acordo com o orçamento concluído.

Figura 20 – Valores finais dos material para os dois tipos de fundação



Fonte: Autor, 2023.

4 CONCLUSÃO

O estudo em questão buscou adaptar um projeto original de alvenaria estrutural para um modelo de concreto armado convencional. A versão original incluía uma fundação de radier, enquanto a versão adaptada utiliza sapatas isoladas e vigas baldrame. O projeto adaptado envolve 13 sapatas de diferentes dimensões e 15 vigas com dimensões únicas, abrangendo 16,15 m², o que representa cerca de 26% da área total da edificação. Conforme descrito na teoria acima desse proposto trabalho onde embora uma diretriz comum sugira o uso da fundação em radier quando a área das sapatas excede a metade da área da construção, essa orientação não se aplica a esse dimensionamento, uma vez que as sapatas não ultrapassam a metade da área total da edificação.

Com base nos resultados, a escolha do radier como fundação para esta edificação demonstra vantagens econômicas significativas, especialmente no que se refere aos custos de materiais. A opção pelo radier como fundação para esta edificação se revela economicamente mais viável, resultando em economia significativa de custos para a obra. A análise dos resultados confirma a eficiência dessa escolha, evidenciando um impacto financeiro positivo e, portanto, respaldando a decisão de adotar o radier como a fundação preferencial para este projeto.

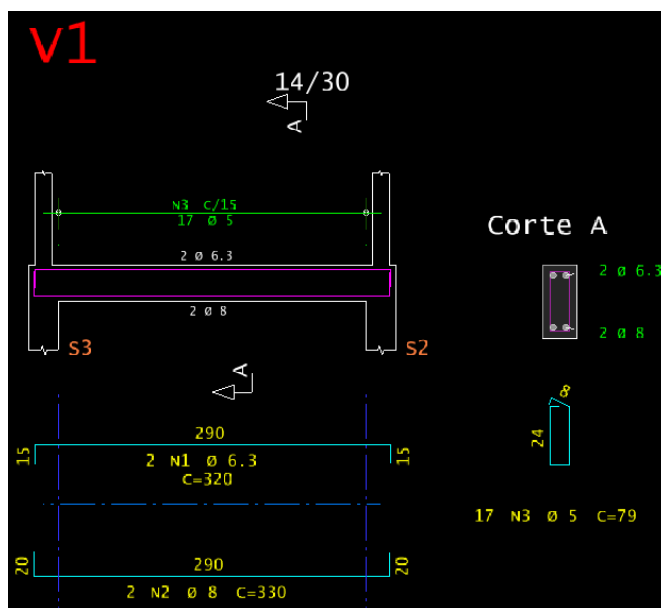
A importância de um impacto financeiro positivo na construção civil é indiscutível. Quando as empresas e os projetos nesse setor conseguem manter um balanço financeiro favorável, isso não apenas garante a previsão das operações, mas também contribui para o desenvolvimento sustentável e a qualidade dos empreendimentos. Com recursos financeiros, é possível investir em tecnologias avançadas, materiais de alta qualidade e mão de obra

qualificada, o que, por sua vez, resulta em construções mais seguras, eficientes e rigorosas. Além disso, um impacto financeiro positivo na construção civil, impulsiona a gerar empregos e o crescimento econômico, beneficiando não apenas o setor, mas também a sociedade como um todo. Portanto, manter uma gestão financeira sólida é essencial para o sucesso e o progresso contínuo na construção civil.

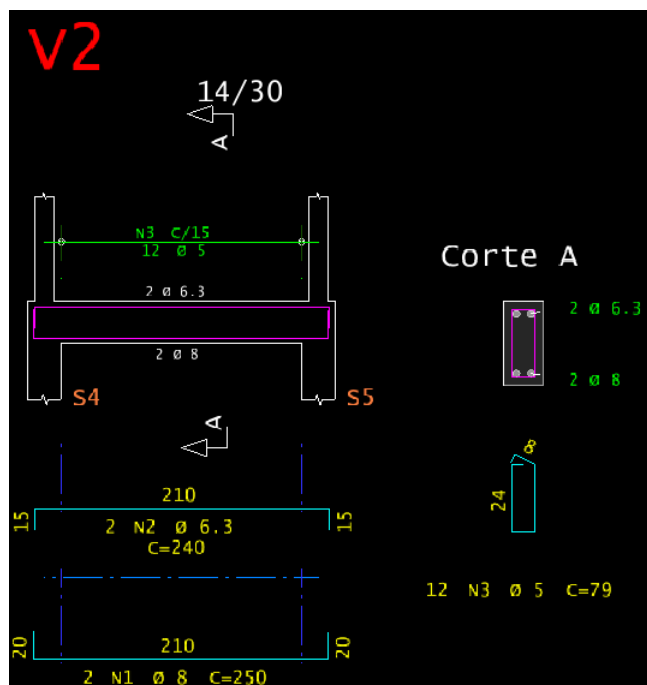
REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estrutura de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16935**: Projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras - Procedimento. Rio de Janeiro. 2021.
- AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até a sua cobertura**. 2 ed. 1997. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.
- BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Sapatas de fundação**. 2019. 120 p. – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.
- BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. 2011. 92 p. – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011.
- BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. 2019. 89 p. – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.
- BRITO, José Luis Wey de. **Fundações do edifício**. São Paulo, EPUSP, 1987.
- CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 2006. Universidade Estadual Paulista - UNESP.
- CARVALHO, Roberto Chust e PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. São Paulo: PINI, 2009
- FIGUEIREDO, Antonio Domingues de. **Concreto reforçado com fibras**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 201. 248 p.
- SANTOS, José Sérgio dos. **Desconstruindo o projeto estrutural de edifícios: Concreto Armado e Protendido**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- NAAMAN, Antoine E. **High performance fiber reinforced cement composites: classification and applications**. CBM-CI International Workshop, Karachi, Pakistan. 2007.
- VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações, critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

APÊNDICE A – Detalhamento do dimensionamento realizado no software TQS das vigas baldrame.

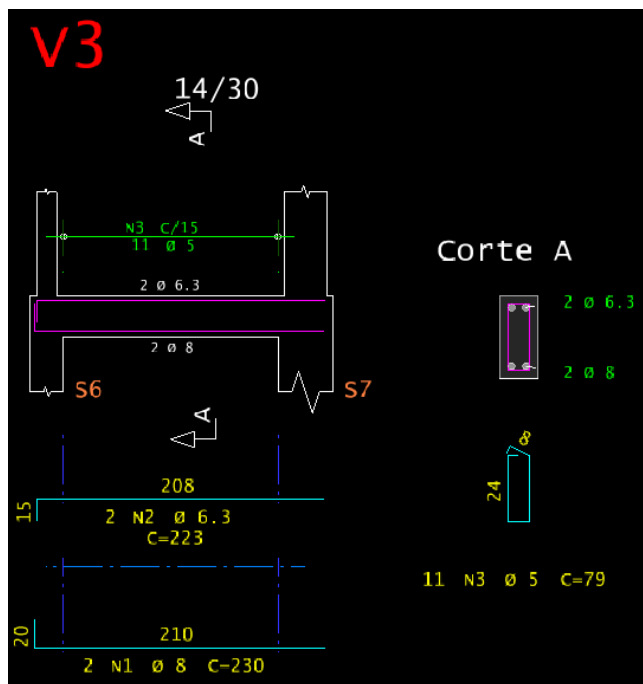


Fonte: Autor, 2023.

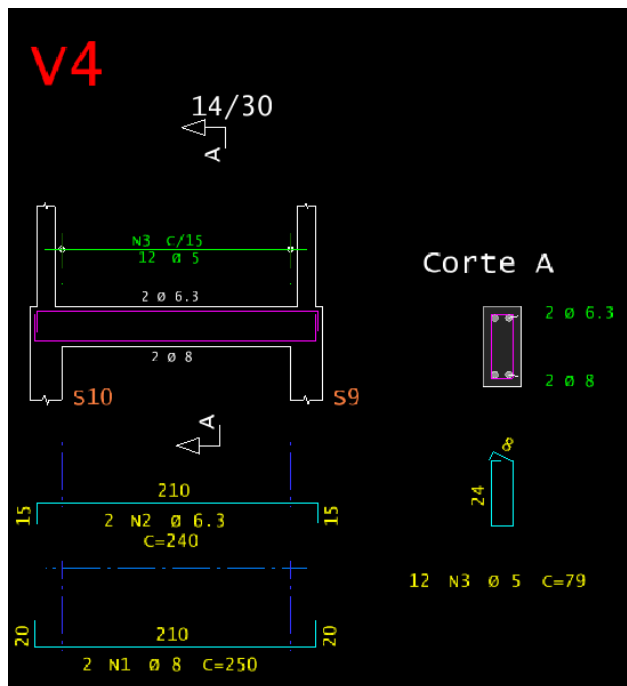


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE A.

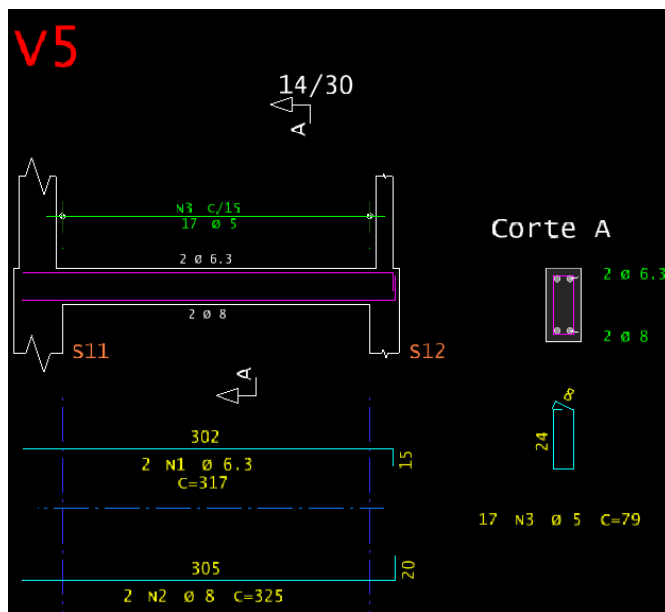


Fonte: Autor, 2023.

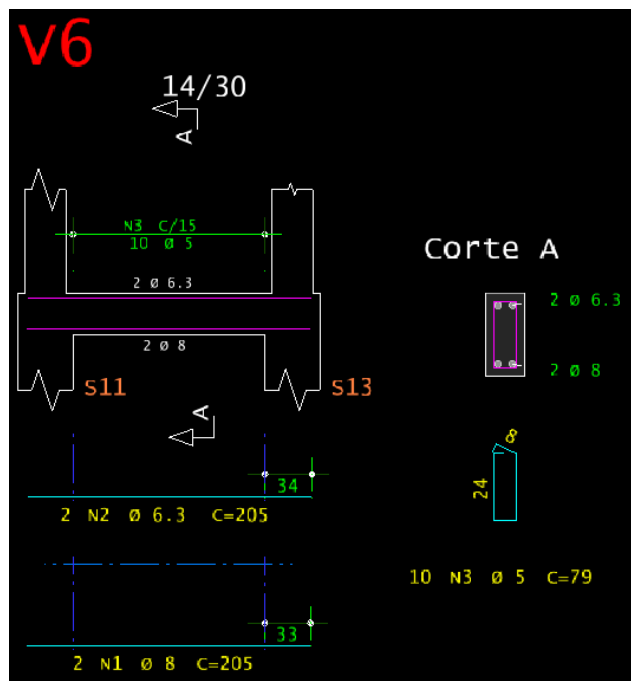


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE A.

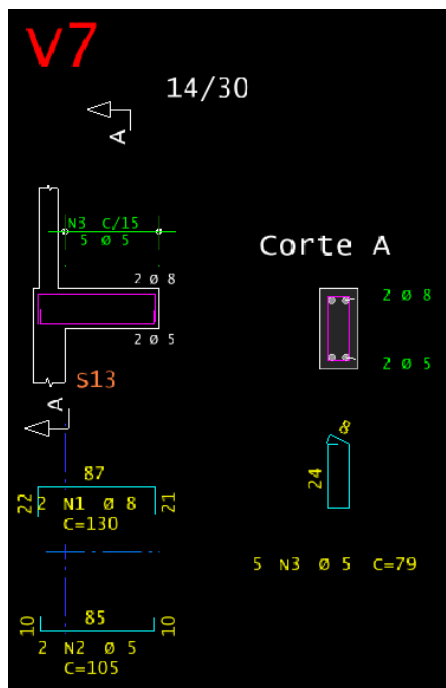


Fonte: Autor, 2023.

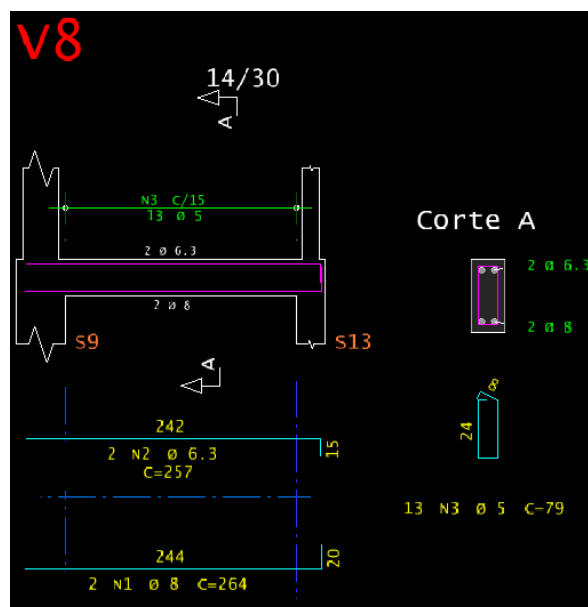


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE A.

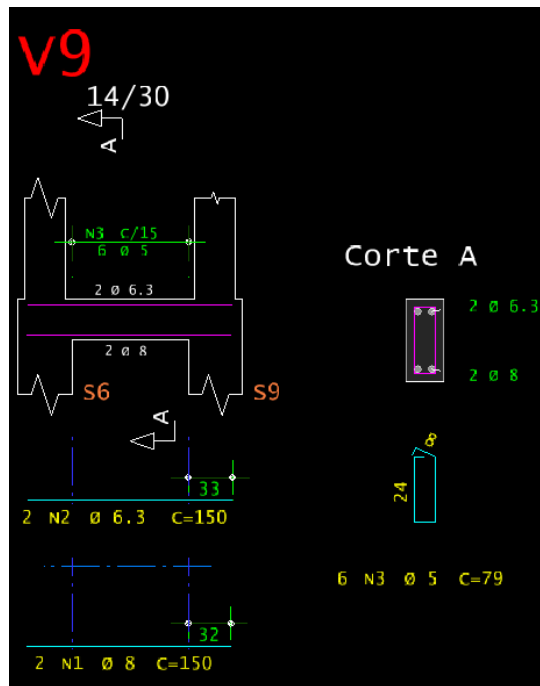


Fonte: Autor, 2023.

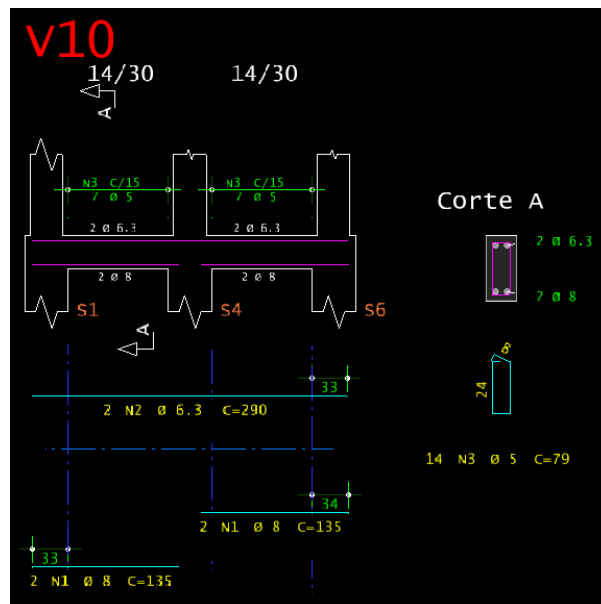


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE A.

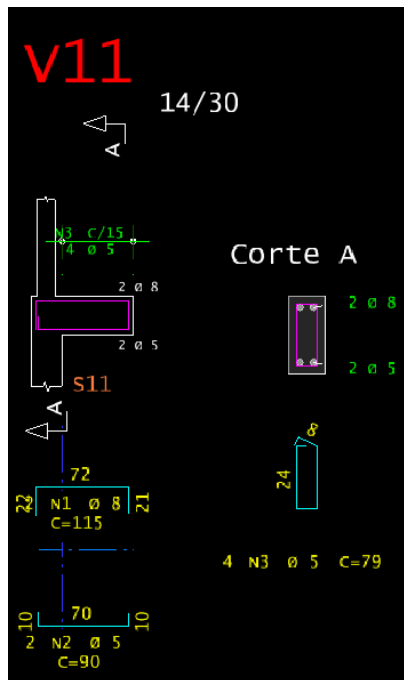


Fonte: Autor, 2023.

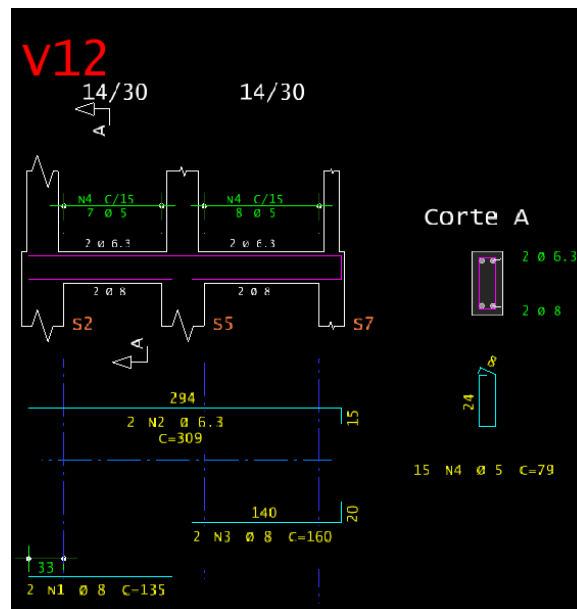


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE A.

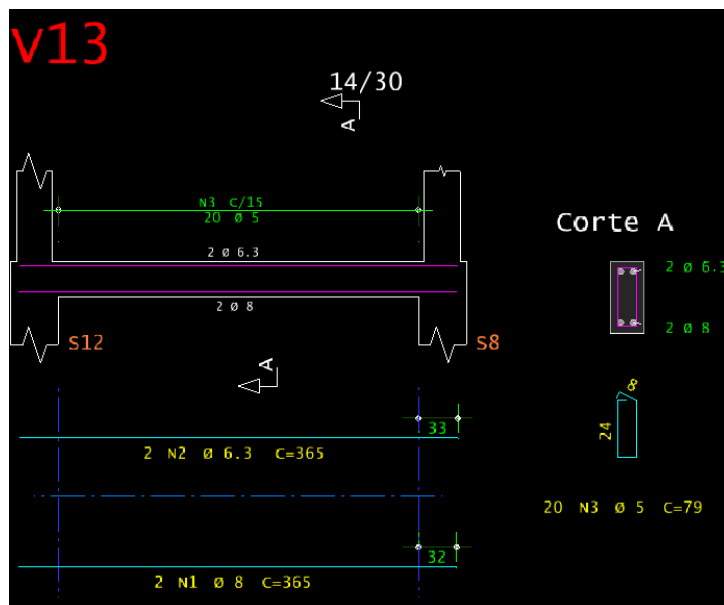


Fonte: Autor, 2023.

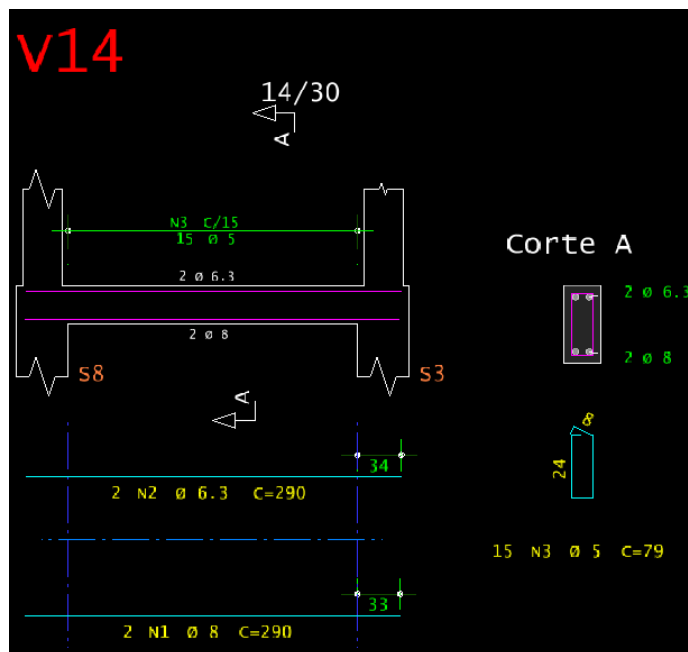


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE A.

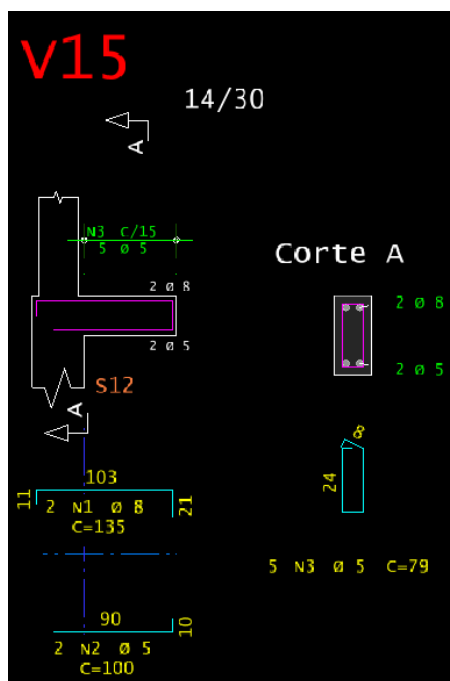


Fonte: Autor, 2023.



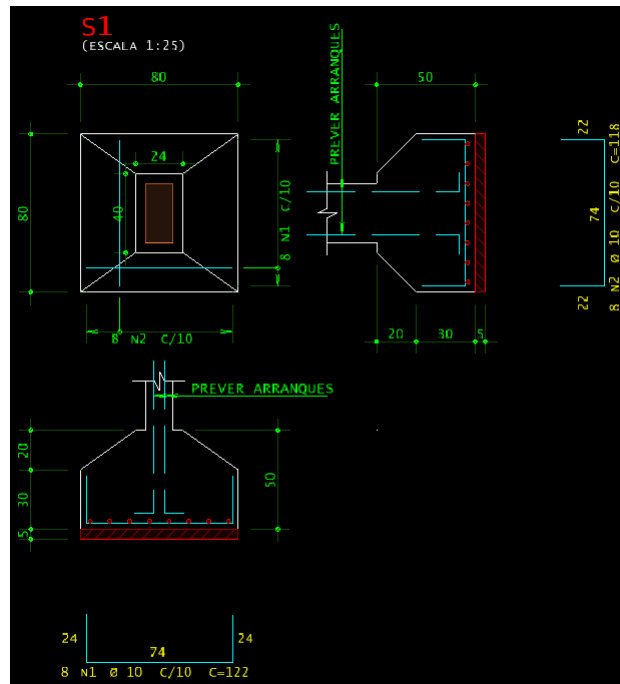
Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE A.

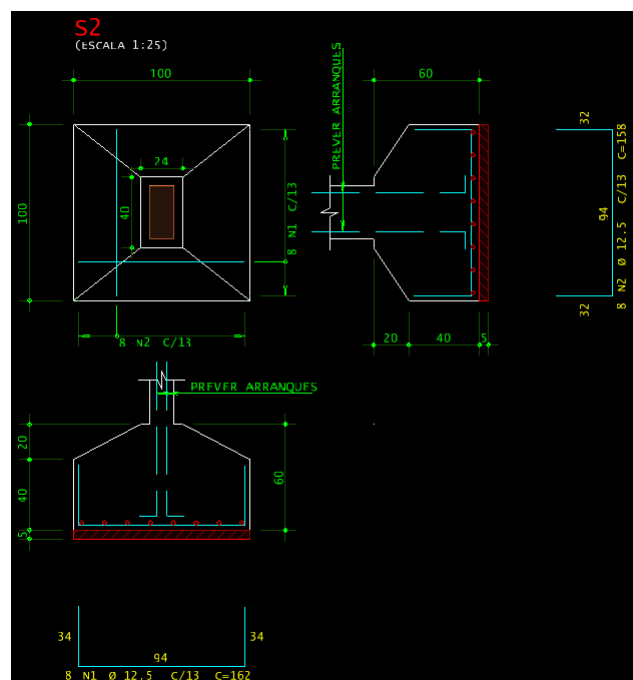


Fonte: Autor, 2023.

APÊNDICE B – Detalhamento do dimensionamento realizado no software TQS das sapatas isoladas.

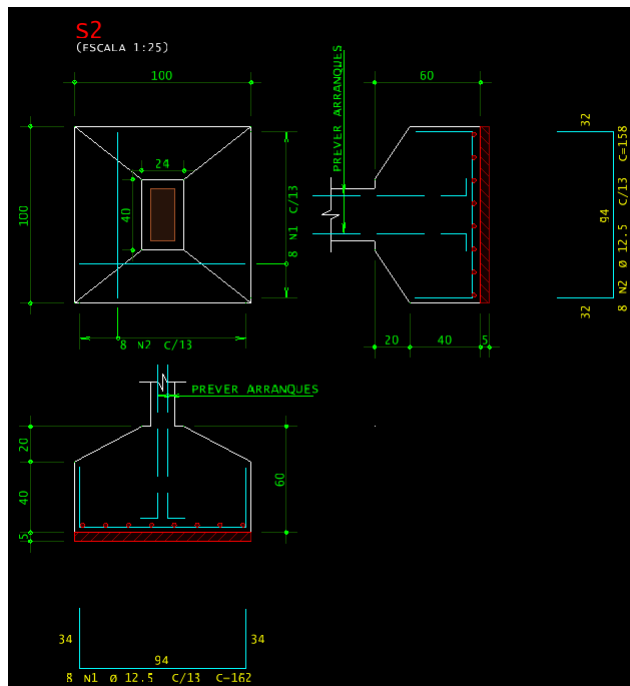


Fonte: Autor, 2023.

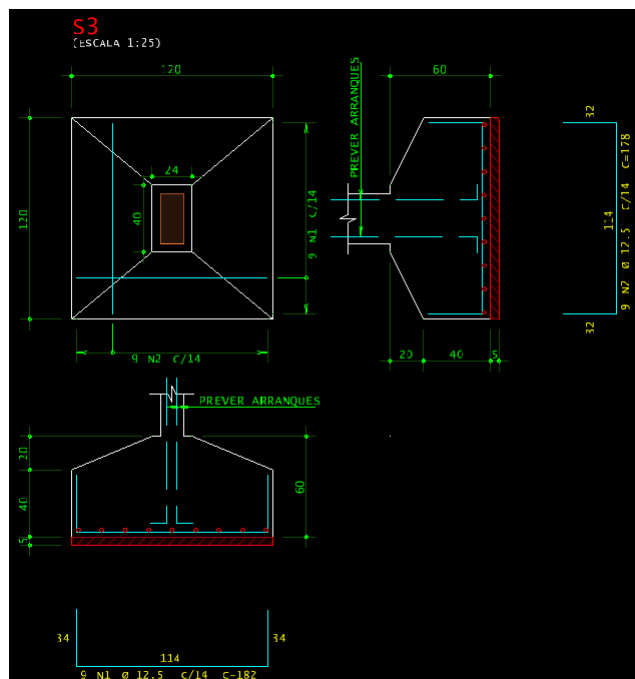


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE B.

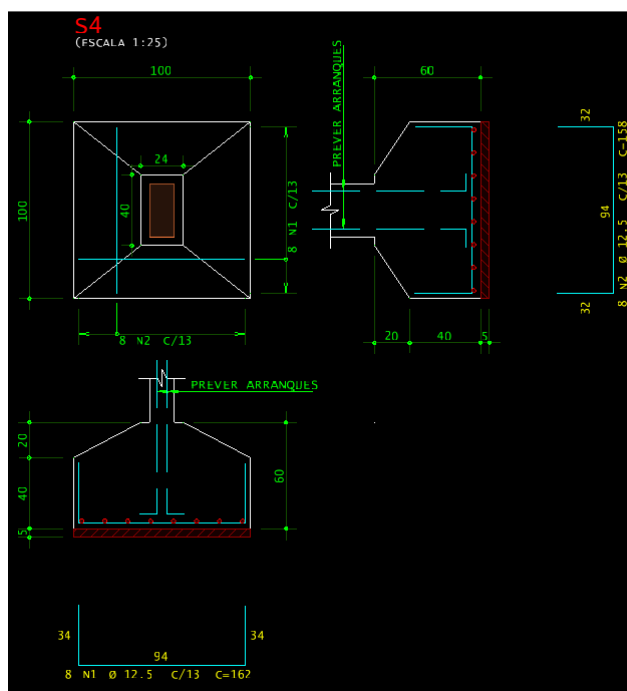


Fonte: Autor, 2023.

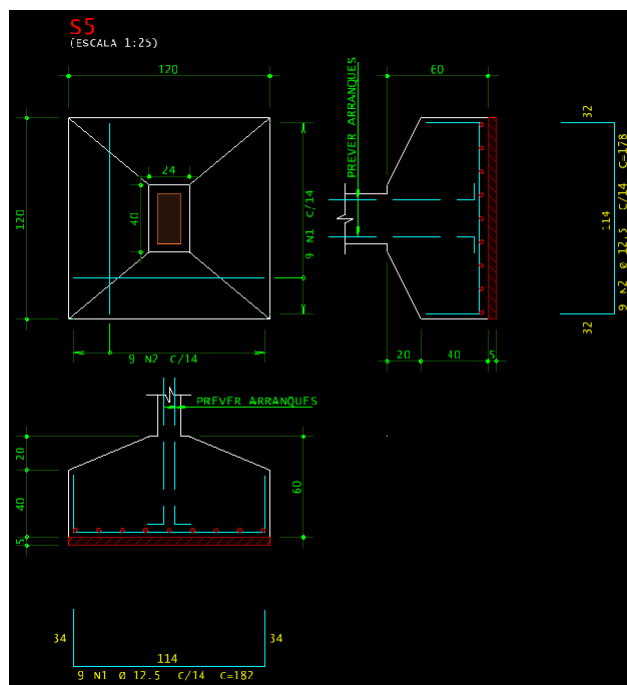


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE B.

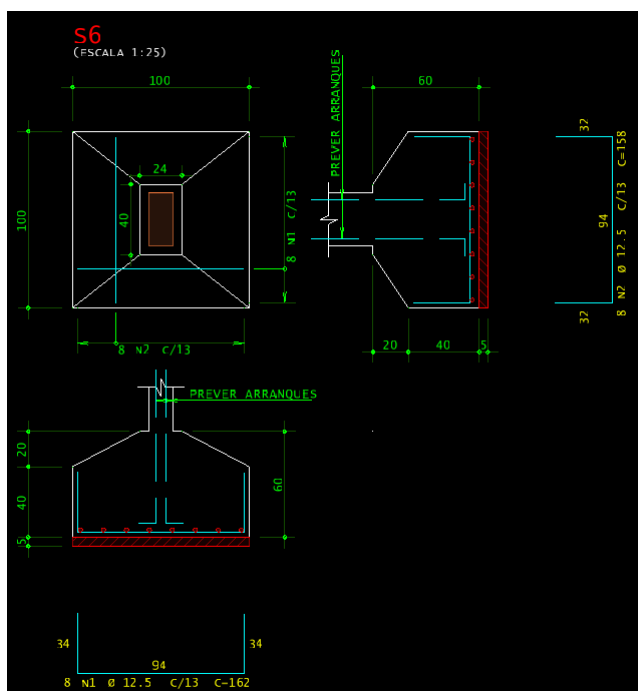


Fonte: Autor, 2023.

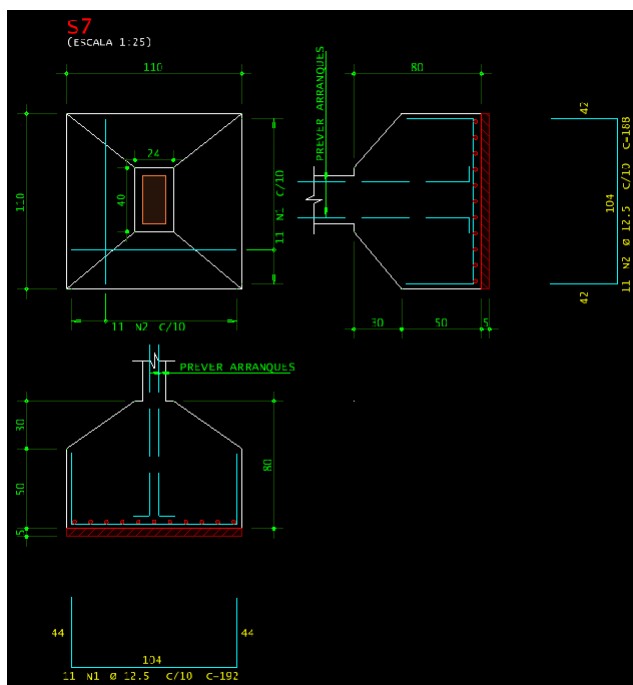


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE B.

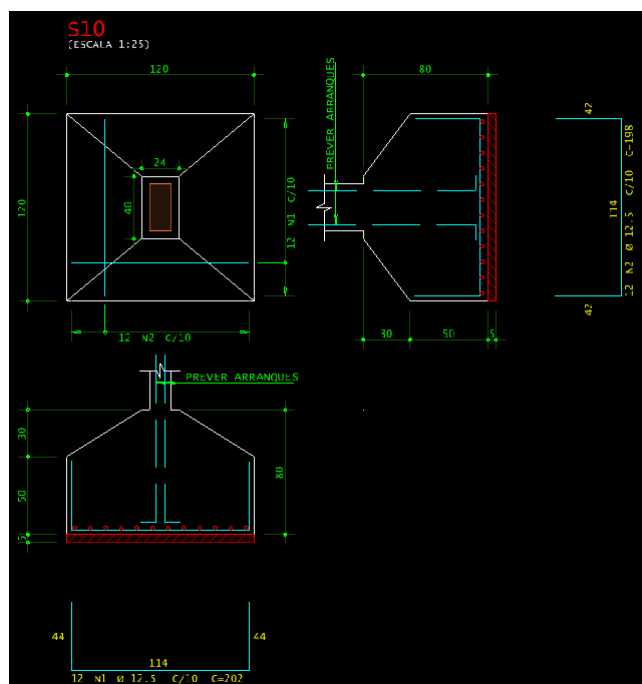


Fonte: Autor, 2023.

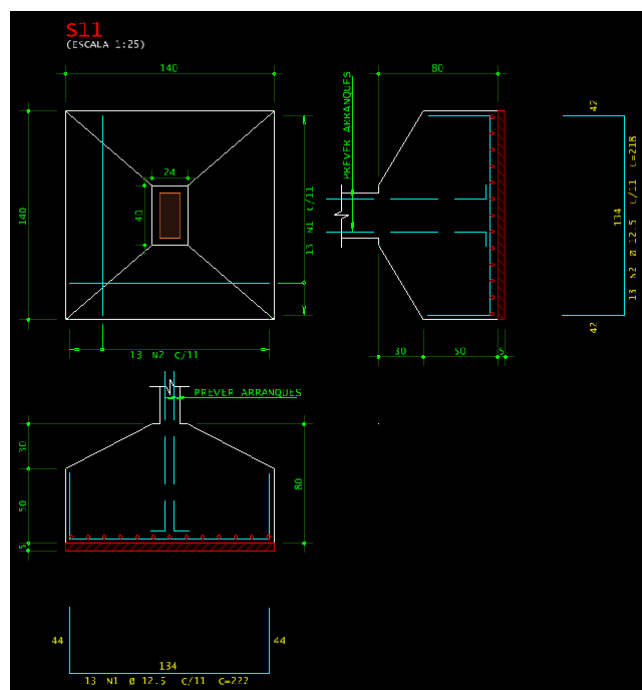


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE B.

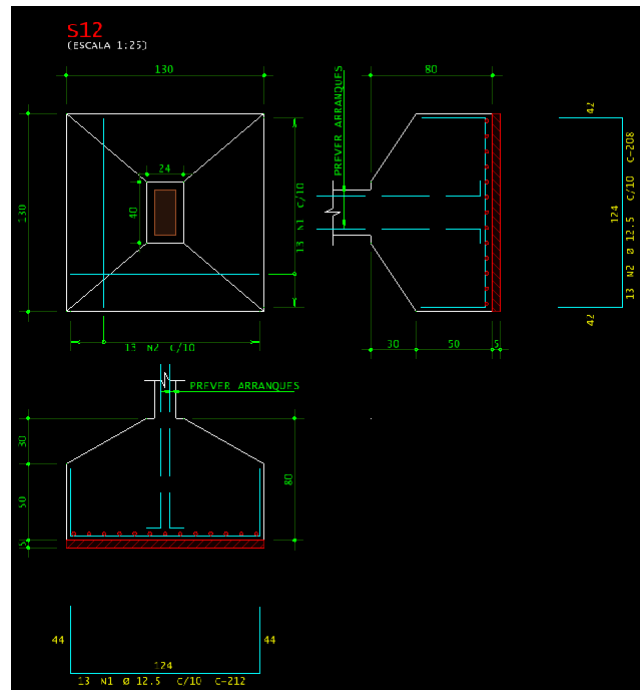


Fonte: Autor, 2023.

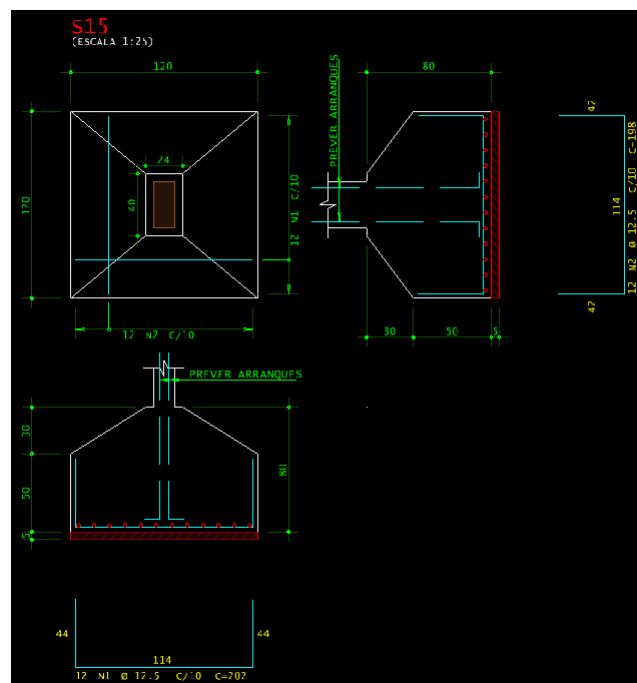


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE B.

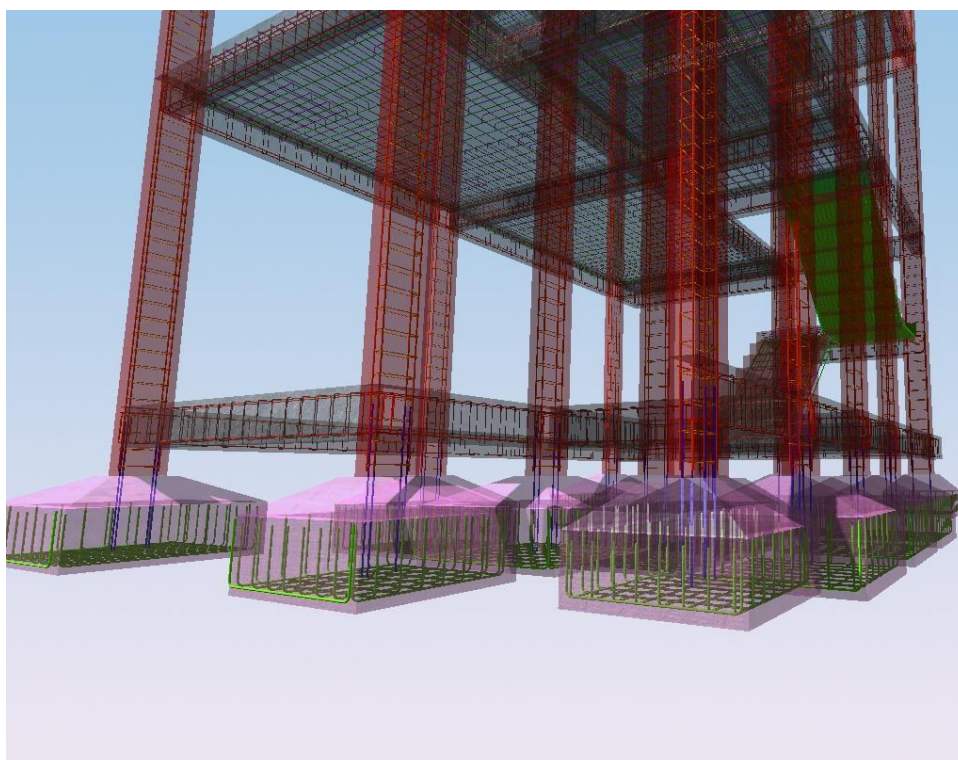


Fonte: Autor, 2023.

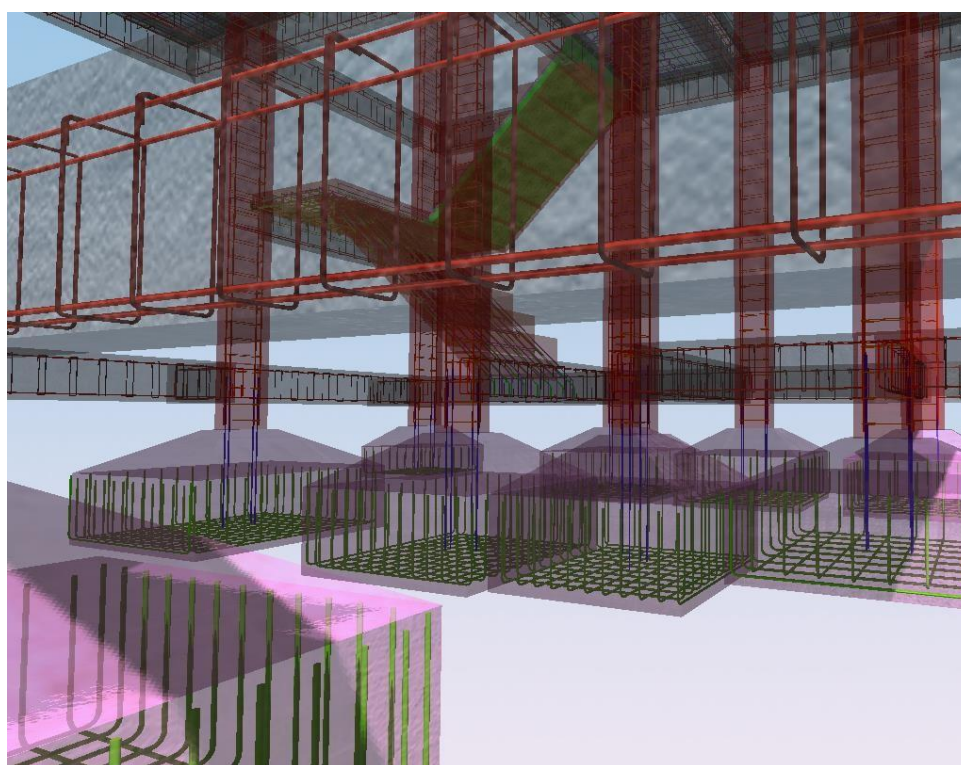


Fonte: Autor, 2023.

APÊNDICE C – Vistas 3D da fundação da edificação.

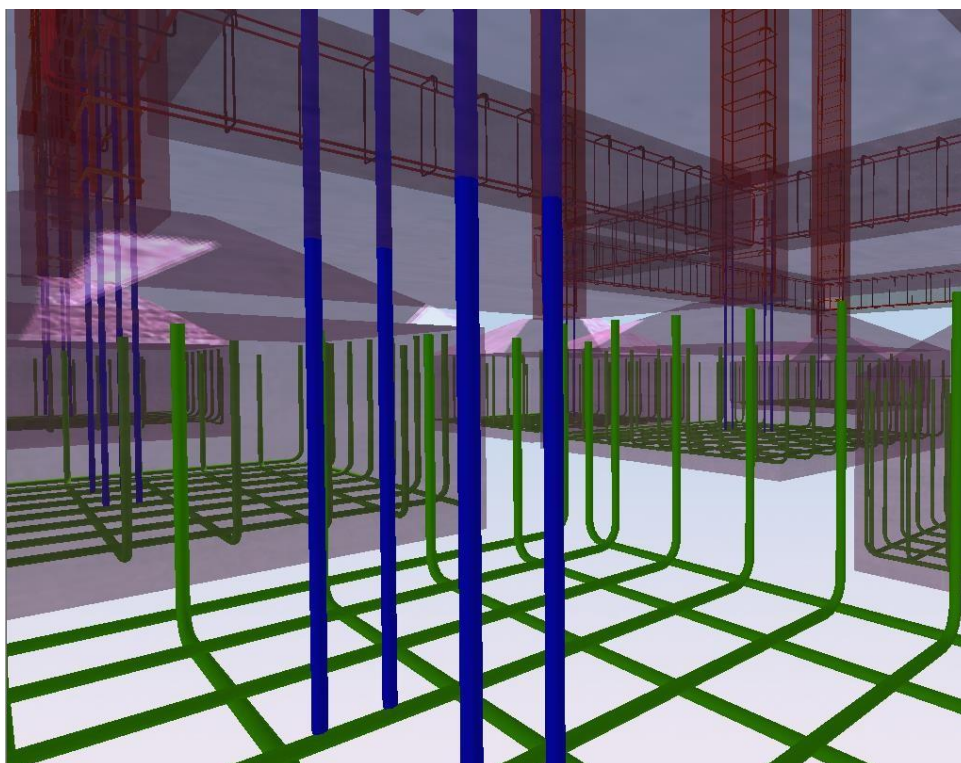


Fonte: Autor, 2023

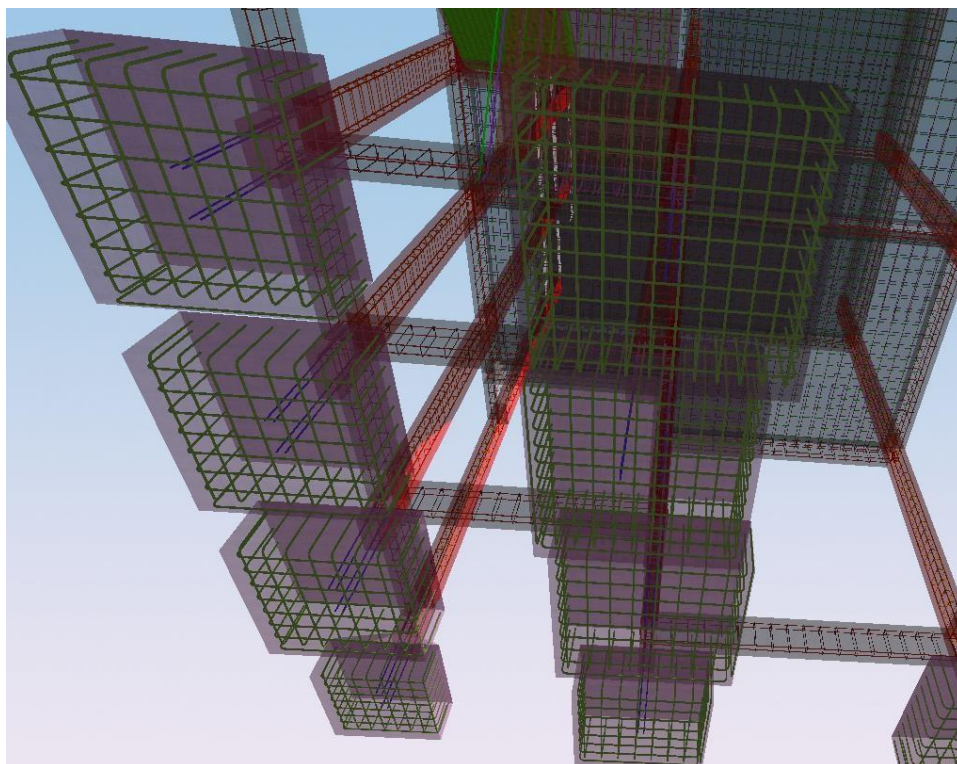


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE C.

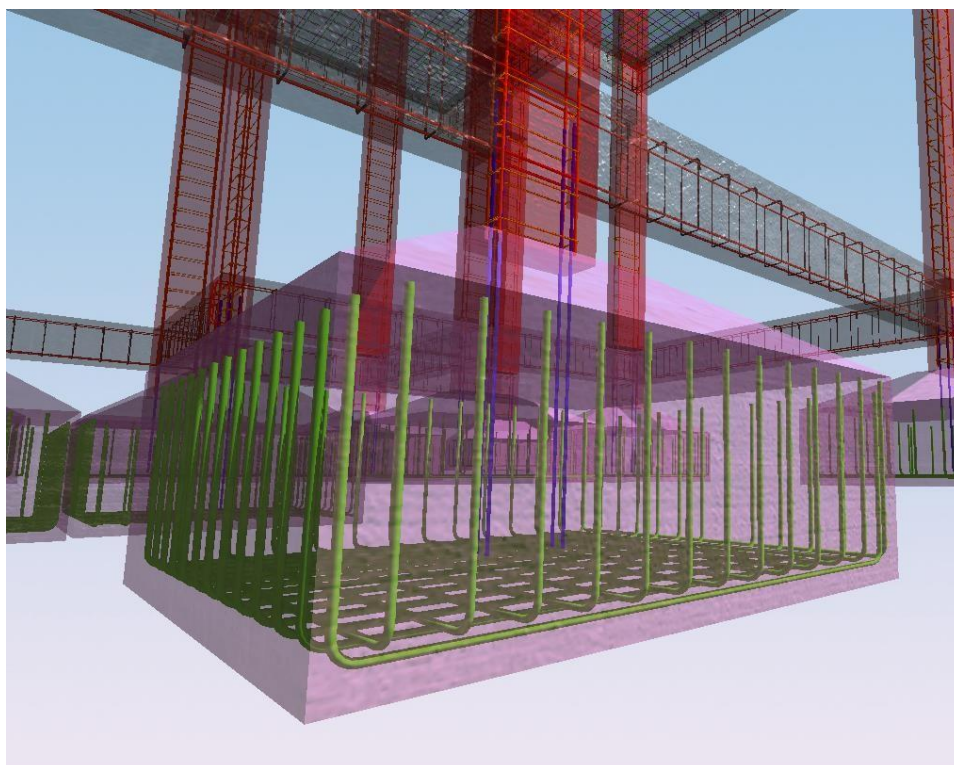


Fonte: Autor, 2023.

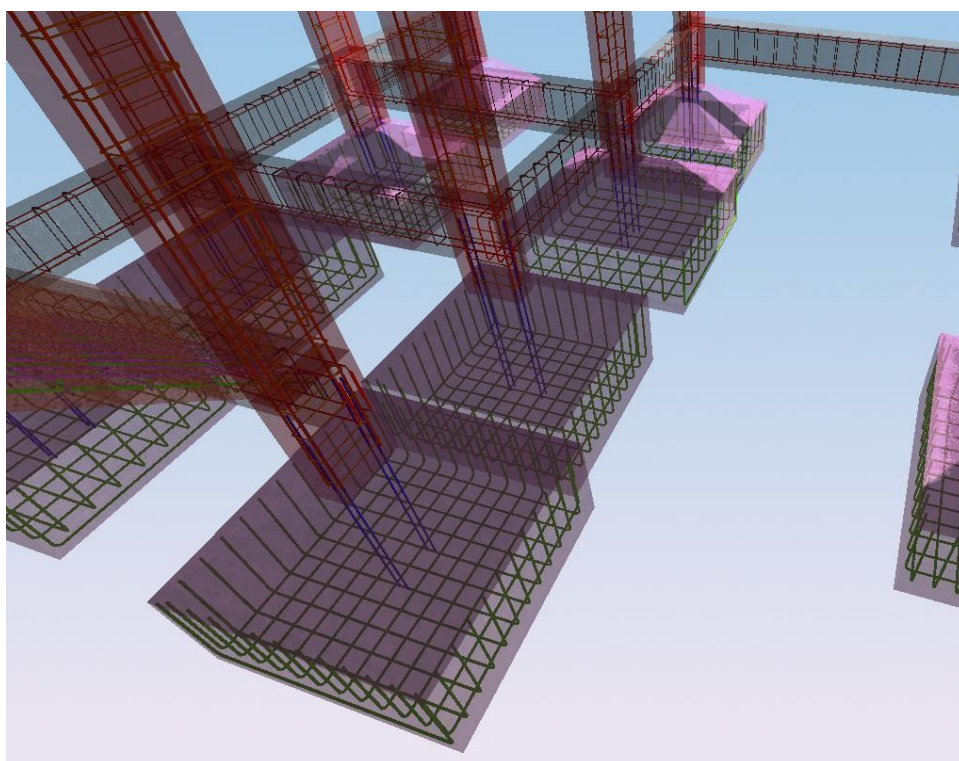


Fonte: Autor, 2023.

Continuação APÊNDICE C.



Fonte: Autor, 2023.



Fonte: Autor, 2023

Autores

Matheus Kremer Ferreira

Engenheiro Civil formado pela Unicesumar, com experiência em execução e obras e projetos de Engenharia.

Leticia Col Debella Santos

Engenheira Civil graduada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), mestre e doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Paraná - UFPR na área de Estruturas. Experiência na docência atuando na UNICESUMAR desde 2018, e na área de projeto estrutural na construção civil. Além disso, atua desde 2020 como tutora/professora formadora na Residência Técnica em Projeto e Obras Públicas da UEPG.



Editora
UNIESMERO

ISBN 978-655492069-8



9

786554

920698