



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ESTUDO COMPARATIVO DE UMA PONTE DE EMBARQUE UTILIZANDO
SISTEMAS ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO E ESTRUTURA
METÁLICA: ESTUDO DE CASO**

NATHALY FÉLIX DE SOUTO

JOÃO PESSOA - PB

2023

NATHALY FÉLIX DE SOUTO

ESTUDO COMPARATIVO DE UMA PONTE DE EMBARQUE UTILIZANDO
SISTEMAS ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO E ESTRUTURA
METÁLICA: ESTUDO DE CASO

Monografia apresentada à
Universidade Federal da Paraíba
como requisito parcial à obtenção
do título de bacharel em
Engenharia Civil sob orientação
do Prof. Dr. Enildo Tales Ferreira.

JOÃO PESSOA - PB

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S728e Souto, Nathaly Felix de.

Estudo comparativo de uma ponte de embarque
utilizando sistemas estruturais em concreto armado e
estrutura metálica: estudo de caso / Nathaly Felix de
Souto. - João Pessoa, 2023.
85 f. : il.

Orientação: Enildo Tales Ferreira Ferreira.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Estrutura metálica. 2. Concreto armado. 3.
Orçamento. 4. Planejamento. I. Ferreira, Enildo Tales
Ferreira. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

NATHALY FÉLIX DE SOUTO

**ESTUDO COMPARATIVO DE UMA PONTE DE EMBARQUE UTILIZANDO
SISTEMAS ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO E ESTRUTURA
METÁLICA: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso em 07/06/2023 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Enildo Tales Ferreira
PROF. DR. ENILDO TALES FERREIRA

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

José Marcílio Filgueiras Cruz
PROF. DR. JOSÉ MARCÍLIO FILGUEIRAS CRUZ

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APPROVADO

Claudino Lins Nobrega Junior
PROF. DR. CLAUDINO LINS NOBREGA JUNIOR

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APPROVADA

PROF. DR. PABLO BRILHANTE DE SOUSA

Matrícula Siape: 1483214

Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Civil

***“Faça o seu melhor, na condição
que você tem, enquanto você não
tem condições melhores, para fazer
melhor ainda!”***

Mário Sérgio Cortella

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha imensa gratidão a todas as pessoas que contribuíram para que eu chegasse até aqui, na realização deste trabalho de conclusão de curso. Em primeiro lugar, desejo agradecer a Deus por ter sido minha fortaleza, me dando forças para que eu não desistisse.

Dedico um agradecimento especial aos meus amados pais por todo o apoio incondicional ao longo deste percurso acadêmico e pela constante presença em minha vida. Cicero e Janaína, vocês sempre estiveram ao meu lado, encorajando-me a buscar o conhecimento e alcançar meus objetivos.

Também gostaria de agradecer aos professores, em especial Prof. Enildo, pelo apoio e sabedoria transmitida ao longo deste projeto. Sua expertise, paciência e dedicação foram fundamentais para meu crescimento acadêmico e para a conclusão deste trabalho.

Aos colegas de curso, que tornaram esta jornada mais leve e significativa, agradeço-os desde já e desejo que nos encontremos em breve nos caminhos da vida. Em especial Daniel, Leonardo, Waleska, Geovanna, Arthur, Sandro, Ayla, Moisés, Marina, Giuseppe, Evelyn, Caio e Celina, sem vocês minha passagem pela UFPB não seria a mesma. Sou grata por todas as trocas de ideias, momentos de aprendizado conjunto e pela amizade construída ao longo desses anos.

Aos amigos que fiz nas obras em que passei, eterna gratidão, vocês me ensinaram muito além da engenharia, serei eternamente grata a Josiane, Yuri, Edson, Otávio e Kleber, obrigada por me fazerem evoluir na profissão.

Não posso deixar de expressar minha gratidão à minha família, amigos e namorado, que estiveram ao meu lado durante toda essa jornada. Yêgo, seu amor,

encorajamento e suporte incondicionais foram um combustível fundamental para minha motivação e perseverança. Sou grata por todo o apoio emocional e incentivo recebidos. Minha irmã Nilmara, obrigada por toda ajuda até aqui, essa conquista também é sua.

Agradeço também às instituições, bibliotecas e pesquisadores cujas obras e recursos foram fundamentais para o embasamento teórico deste trabalho. Suas contribuições e dedicação à produção e compartilhamento do conhecimento acadêmico são inestimáveis.

Por fim, quero expressar minha gratidão a todos os participantes e colaboradores que de alguma forma contribuíram para a realização deste estudo. Seu tempo, conhecimento e disposição para compartilhar informações foram essenciais para a coleta de dados e enriquecimento desta pesquisa.

A todos vocês, meu mais sincero agradecimento. Sem a contribuição de cada um, este trabalho não seria possível. Cada palavra de incentivo, cada conversa construtiva e cada gesto de apoio foram importantes para minha trajetória acadêmica.

Que este trabalho seja uma pequena forma de retribuição por todo o apoio recebido. Sou grata por ter tido a oportunidade de realizar este estudo e por ter sido rodeado por pessoas incríveis ao longo dessa jornada. Obrigado do fundo do meu coração.

RESUMO

Com o objetivo de comparar dois ou mais sistemas estruturais, devemos abordar o estudo da forma mais abrangente possível, considerando elementos essenciais, como as dimensões, as demandas, a viabilidade financeira, a logística, prazo de conclusão e todos os demais fatores relacionados. Isso requer uma perspectiva ampla e um pensamento sistêmico e impessoal como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão. O estudo realizado é de mérito comparativo, deve ser devidamente fundamentada nas normas atuais, em órgãos de certificação nacionais e internacionais, bem como no conhecimento teórico e prático adquirido no campo da construção civil. O estudo de caso realizado sobre uma ponte de embarque executada no Aeroporto Internacional Presidente Castro Pinto, inicialmente projetada em estrutura metálica e posteriormente em concreto armado para fins comparativos, com o objetivo de respaldar a escolha do método construtivo, objetivando sempre menores custos e prazos tendo em vista o melhor desempenho. Para o caso de estudo, apesar das desvantagens relacionadas a mão de obra especializada e altos custos das despesas diretas resultando em um orçamento aproximadamente de 40% mais caro, a esta estrutura metálica ainda se mostrou mais vantajosa em virtude do seu curto espaço de tempo de execução. O tempo de execução da estrutura metálica representou 1/3 do tempo de execução da mesma estrutura em concreto armado. Essa opção se tornou mais vantajosa por causa de sua logística que diminui desperdícios, vence maiores vãos, são mais leves e consequentemente mais econômicas na fundação.

Palavras-chave: estrutura metálica; concreto armado; orçamento; planejamento.

ABSTRACT

In order to compare two or more structural systems, we must approach the study in the most comprehensive way possible, considering essential elements such as dimensions, demands, financial viability, logistics, completion time and all other related factors. This requires a broad perspective and systemic and impersonal thinking as a decision support tool. The study carried out, of comparative merit, must be duly grounded in current standards, in national and international certification bodies, as well as in theoretical and practical knowledge acquired in the field of civil construction. The case study carried out on a boarding bridge executed at the President Castro Pinto International Airport, initially designed in a metallic structure and later in reinforced concrete for comparative purposes, with the objective of supporting the choice of construction method, always aiming at lower costs and deadlines with in view of the best performance. For the case study, despite the disadvantages related to specialized labor and high costs of direct expenses resulting in a 40% more expensive budget, this metallic structure still proved to be more advantageous due to its short execution time. The execution time of the metallic structure represented 1/3 of the execution time of the same reinforced concrete structure. This option has become more advantageous because of its logistics that reduces waste, overcomes larger spans, is lighter and consequently more economical in the foundation.

Keys-Word: metal structure; reinforced concrete; budget; planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Avião acoplado no finger da ponte de embarque.....	20
Figura 2- Parte fixa da ponte de embarque - visão externa	20
Figura 3- Montagem da estrutura metálica da Ponte de Embarque	37
Figura 4- Montagem da escada metálica da Ponte de Embarque	37
Figura 5- Armação do Steel deck da laje “Acesso” da Ponte de Embarque.....	38
Figura 6-Detalhe dos degraus da escada da Ponte de Embarque.....	38
Figura 7- Detalhe da ligação Viga - Pilar da Ponte de Embarque	39
Figura 8- Detalhe da ligação Viga - Pilar da Ponte de Embarque	39
Figura 9- Detalhe da armação do Steel Deck da Ponte de Embarque.....	40
Figura 10- Instruções para instalação do Stud Bolt da Ponte de Embarque	40
Figura 11- Detalhes para instalação do Stud Bolt da Ponte de Embarque	41
Figura 12-Detalhes dos chumbadores (que ligam os pilares às sapatas de fundação) da Ponte de Embarque	41
Figura 13- Vista em planta baixa do perfil H (pilar) da Ponte de Embarque.....	42
Figura 14-Detalhes da ligação entre viga metálica e pilar metálico com chapa de topo (alma do pilar) da Ponte de Embarque.....	42
Figura 15-Corte indicando a escada metálica da Ponte de Embarque	42
Figura 16-Visualização tridimensional da estrutura da Ponte de Embarque em concreto armado	43
Figura 17-Visualização tridimensional da estrutura da Ponte de Embarque em aço	44
Figura 18-Visualização bidimensional da estrutura da Ponte de Embarque em concreto armado	44
Figura 19-Visualização bidimensional da estrutura da Ponte de Embarque em aço	45

Figura 20-Marcação das sapatas da Ponte de Embarque em aço	45
Figura 21-Amostra de um dos furos do ensaio SPT da Ponte de Embarque	47
Figura 22- Utilização de Georadar para verificar a existência de tubulações existentes	73
Figura 23- Escavação de sapatas	74
Figura 24- Concretagem de sapata.....	74
Figura 25- Concretagem de sapatas	75
Figura 26- Concretagem dos pescoços das sapatas	75
Figura 27- Reaterro de sapata	76
Figura 28- Reaterro de sapata	76
Figura 29- Montagem de pilares e vigas metálicas	77
Figura 30- Montagem de estrutura metálica.....	77
Figura 31-Montagem de estrutura metálica.....	78
Figura 32- Montagem da laje Steel deck.....	78
Figura 33- Montagem da laje Steel deck.....	79
Figura 34- Concretagem da laje Steel deck	79
Figura 35- Concretagem da laje Steel deck	80
Figura 36- Elevação de alvenaria externa da Ponte de Embarque	80
Figura 37- Elevação de alvenaria externa da Ponte de Embarque	81
Figura 38-Elevação de alvenaria externa da Ponte de Embarque	81
Figura 39- Rampa da ponte de embarque - visão interna.....	82
Figura 40- Ponte de embarque - visão interna.....	82
Figura 41- Ponte de embarque - visão externa.....	83
Figura 42- Ponte de embarque e Finger - visão externa.....	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-Representação dos gastos majoritários da estrutura em concreto armado.....	57
Gráfico 2-Representação dos gastos majoritários da estrutura em aço	58
Gráfico 3- - Representação dos dias úteis necessários para cada método construtivo	58
Gráfico 4- Representação dos custos necessários para execução de cada método construtivo	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em aço (sem as CPU)	54
Tabela 2-Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em Concreto armado (sem as CPU)	55
Tabela 3-Custos totais das estruturas	56
Tabela 4-Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em aço (sem as CPU)	66
Tabela 5- Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em concreto armado incluindo as CP	68
Tabela 6- Cronograma físico - Estrutura metálica	86
Tabela 7- Cronograma físico - Estrutura em Concreto armado - parte 1	86
Tabela 8-Cronograma Físico- Estrutura em Concreto armado - parte 2	86
Tabela 9-Cronograma físico - Estrutura em Concreto armado - parte 3	86
Tabela 10- Cronograma Físico- Estrutura em Concreto armado - parte 4	87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVO GERAL	18
2.1 Objetivos Específicos	18
3 JUSTIFICATIVA	19
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
5.1 Compatibilização De Projetos	21
5.2 Concepção Do Projeto Estrutural.....	23
5.3 Cálculo Para O Dimensionamento Estrutural.....	24
5.4 Durabilidade, Desempenho E Vida Útil Das Estruturas	25
5.5 Manutenção E Segurança	26
5.6 Sistema Construtivo: Estrutura Metálica.....	27
5.6.1 Ligação dos elementos metálicos	28
5.7 Sistema Construtivo: Estrutura De Concreto Armado.....	29
5.8 Sustentabilidade Na Construção Civil	30
5.9 Logística e Infraestrutura.....	31
5.10 Orçamento	33
6 ESTUDO DE CASO	34
6.1 Descrição Da Edificação	35
6.2 Análise Estrutural	43
6.2.1 Ações consideradas.....	43
6.2.2 Cargas permanentes.....	43

6.2.2.1 Peso próprio da estrutura metálica.....	43
6.2.3 Cargas acidentais e Cargas devido ao vento	43
6.3 Fundações	46
6.4 Logística E Infraestrutura.....	47
6.5 Planejamento	49
6.6 Orçamento	52
6.6.1 Custos diretos e indiretos.....	52
6.6.2 Planilhas orçamentárias	53
6.6.3 Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em aço	54
6.6.4 Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em concreto armado	55
7 COMPARATIVOS.....	56
8 RESULTADOS	59
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
LEITURAS COMPLEMENTARES.....	64
ANEXO A – TABELAS COM AS COMPOSIÇÕES ORÇAMENTÁRIAS.....	66
ANEXO B – IMAGENS COMPLEMENTARES	73
ANEXO C – PROJETO BASE ESTRUTURA METÁLICA	84
ANEXO D – CRONOGRAMAS FÍSICOS E FINANCEIROS	86

1 INTRODUÇÃO

Em decorrência do desenvolvimento de novos materiais em diversas áreas, surgem também novos métodos construtivos e soluções variadas para os desafios propostos em cada projeto. Os novos métodos construtivos são importantes por várias razões. Alguns dos benefícios mais significativos incluem maior eficiência, maior flexibilidade no design, maior sustentabilidade, maior segurança e maior acessibilidade.

Em geral, o avanço tecnológico na construção civil, além de atender a eficiência global do segmento, visa também, aumentar a produtividade com diminuição dos custos relacionados ao consumo de materiais e mão de obra. A produtividade na construção civil é um fator crítico para o sucesso de qualquer projeto de construção. A construção civil é uma indústria que envolve muitos processos diferentes, e cada etapa deve ser executada com eficiência para garantir que o projeto seja concluído dentro do prazo e do orçamento estabelecidos.

Além disso, a melhoria da produtividade pode ajudar a tornar a indústria da construção civil mais eficiente e sustentável, o que pode ser benéfico para o setor e para a sociedade como um todo.

Embora exista grande pressão do mercado para a elaboração de projetos em tempos extremamente curtos, o projetista deve priorizar uma análise minuciosa e cautelosa das soluções que irá adotar para a estrutura. Verificando se estas soluções são economicamente viáveis e se de fato atenderão com o mínimo de interferências possíveis no projeto arquitetônico.

O sistema convencional construtivo de concreto armado é um método de construção comum na indústria da construção civil. Ele envolve a utilização de concreto armado como material principal para a estrutura do edifício, composta por vigas, pilares e lajes. O sistema convencional construtivo de concreto armado tem algumas vantagens, incluindo a alta resistência e durabilidade do concreto armado, que permite que as estruturas suportem grandes cargas e resistam às intempéries e desgastes do tempo. Além disso, o sistema permite flexibilidade de design, podendo ser adaptado a diferentes tipos de projetos.

Entretanto, o sistema de concreto armado também apresenta algumas desvantagens. O processo de construção pode ser demorado e requer uma grande quantidade de mão de obra especializada e equipamentos pesados, dentre outras dificuldades. Além disso, a produção de concreto e aço envolve um alto consumo de energia e emissões de gases de efeito estufa, o que pode afetar o meio ambiente.

Nesse aspecto, outros métodos construtivos ganham espaço no mercado, tais como as estruturas pré-moldadas. Estas devem ser consideradas e analisadas para cada estudo de caso. Existem várias vantagens no uso de estruturas metálicas na construção civil. Uma delas é a velocidade de construção, pois as peças de aço são pré-fabricadas fora do local de construção e montadas no local, o que pode reduzir o tempo de construção em comparação com o uso de estruturas de concreto armado. Além disso, as estruturas metálicas são mais leves em comparação com as de concreto, o que pode reduzir os requisitos de fundação e simplificar o processo de construção.

O presente trabalho apresenta um estudo comparativo de processos construtivos e custos para execução de uma ponte de embarque para o Aeroporto Internacional Presidente Castro Pinto, localizado na zona metropolitana de João

Pessoa-PB, objetivando identificar aquele que apresentará menores custos para o projeto arquitetônico proposto e maiores vantagens executivas para a obra em questão. O estudo é composto por uma breve revisão bibliográfica sobre sistemas estruturais, seguida de algumas especificações de normas.

No item seguinte aborda-se de modo sucinto os materiais e especificações normativas destes no decorrer do trabalho. A seguir apresentou-se a metodologia desenvolvida e os resultados obtidos com os devidos comentários. Tem-se no último item as considerações finais seguidas de sugestões para trabalhos futuros.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral, deste trabalho de conclusão de curso, é realizar um estudo de caso em uma ponte de embarque para fins comparativo entre as estruturas dimensionadas em concreto armado e em aço.

2.1 Objetivos Específicos

O objetivo específico, do trabalho de conclusão de curso, é comparar os quantitativos entre os dois sistemas estruturais em aço e concreto armado através do peso total dos elementos estruturais, das áreas úteis em planta para determinação das formas e do volume de concreto utilizados incluindo tudo para efeito de orçamento.

Apresentar a solução mais econômica para o modelo adotado da edificação em questão considerando os custos de materiais e suas respectivas execuções.

Apresentar comentários sobre a viabilidade econômica das estruturas adotadas neste trabalho, considerando as exigências das normas ABNT NBR 16421:2015 e ABNT NBR 8800:2008.

3 JUSTIFICATIVA

O interesse por este assunto se derivou através da curiosidade da discente, que teve a oportunidade de estagiar na obra de reforma e ampliação do Aeroporto Internacional Presidente Castro Pinto - João Pessoa (PB). Nessa oportunidade, pôde conhecer novos métodos construtivos, acompanhar a sua execução, a logística envolvida em cada etapa, os materiais necessários e o planejamento de uma obra de infraestrutura.

Sendo assim, gerou uma curiosidade na discente sobre a escolha do método construtivo em execução para averiguar se realmente é a mais viável, tornando assim, um estudo relevante para a empresa na qual a discente estagiou, na execução dessa obra e de outras próximas obras aeroportuárias.

Com base nessa percepção, a escolha mais viável de um sistema estrutural requer análise global do projeto, do local, do uso e do prazo, visando o melhor custo benefício, levando em consideração o maior número de variáveis possíveis no estudo preliminar.

A ponte de embarque, principal objeto de estudo deste trabalho, proporcionou ao aeroporto um maior conforto aos passageiros como também maior acessibilidade, sobretudo aos passageiros que têm dificuldade de locomoção.

Figura 1- Avião acoplado no finger da ponte de embarque



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 2- Parte fixa da ponte de embarque - visão externa



Fonte: Acervo pessoal (2023).

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A metodologia supracitada será aplicada nas seguintes etapas:

1. Leitura e fundamentação teórica sobre o tema;
2. Elaboração das possibilidades de comparação;
3. Análise do dimensionamento estrutural, objeto do estudo;
4. Levantamento das cargas para dimensionamento em outro sistema estrutural – (concreto armado);
5. Dimensionamento do outro sistema estrutural;
6. Análise por meio de software, do dimensionamento proposto;
7. Comparação dos resultados dentro das possibilidades previamente elencadas;
8. Conclusão e revisão.

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 Compatibilização De Projetos

A compatibilização de projetos é uma etapa crucial no processo de construção de qualquer edificação, seja ela um edifício ou uma obra de infraestrutura, como é o caso em estudo neste trabalho. Ela envolve a integração dos projetos de diferentes disciplinas, como arquitetura, engenharia civil, elétrica e hidráulica, a fim de garantir que as diferentes soluções propostas pelos projetistas não entrem em conflito entre si.

A falta de compatibilização pode levar a atrasos no cronograma da obra, aumento de custos e comprometimento da qualidade e segurança da construção. Portanto, a compatibilização de projetos é essencial para garantir que todas as disciplinas envolvidas na construção trabalhem juntas de maneira coordenada, minimizando os riscos de falhas e retrabalhos.

Existem diversas ferramentas e métodos para realizar a compatibilização de projetos, como a modelagem em BIM (Building Information Modeling), que permitem a criação de um modelo digital tridimensional que integra todas as disciplinas envolvidas na construção. A modelagem em BIM permite a visualização clara e precisa de como as diferentes soluções se encaixam e interagem entre si, possibilitando a detecção de possíveis conflitos e a realização de ajustes antes do início da obra.

Outra ferramenta utilizada para a compatibilização de projetos é o uso de softwares específicos para a integração de diferentes disciplinas, como o software AutoCAD e o software Revit. Esses softwares permitem que os projetos de diferentes disciplinas sejam integrados e compartilhados, permitindo uma comunicação mais eficiente entre os projetistas e facilitando a identificação de possíveis conflitos.

Além disso, é importante que a compatibilização de projetos seja realizada por uma equipe multidisciplinar, que inclua profissionais de diferentes áreas envolvidas na construção. Essa equipe deve trabalhar em conjunto desde a fase de projeto até a construção, garantindo que todas as soluções sejam compatíveis entre si e que a construção seja realizada de maneira segura e eficiente.

Referências como a norma ABNT NBR 13531:1995 - Execução de projeto de edificações, e o guia BIM do Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil

(CAU/BR) podem ser utilizadas para orientar a realização da compatibilização de projetos.

5.2 Concepção Do Projeto Estrutural

O lançamento estrutural é uma etapa importante no processo de construção de edifícios e outras estruturas, que consiste em determinar as dimensões e especificações dos elementos estruturais, como vigas, pilares e lajes, que compõem a estrutura da construção.

O processo de lançamento estrutural envolve a análise de diversos fatores, como as cargas que a estrutura irá suportar, a resistência dos materiais utilizados na construção, a distribuição das cargas e as condições do terreno onde a estrutura será construída. A partir dessas análises, são definidas as dimensões dos elementos estruturais e os materiais a serem utilizados na construção.

O lançamento estrutural pode ser realizado de diferentes maneiras, dependendo das especificações do projeto e das características da estrutura a ser construída. Sendo a principal técnica utilizada a análise estrutural por meio de softwares de modelagem e simulação, que permitem a visualização tridimensional da estrutura e a realização de cálculos precisos de dimensionamento.

O lançamento estrutural, conforme observado por Rebello em 2007, deve levar em conta diversos fatores, tais como criatividade, facilidade construtiva, estética e bem-estar, dentre outras considerações relevantes. Além disso, Clímaco em 2013 destaca a importância de identificar os requisitos fundamentais do projeto

para uma execução adequada da estrutura, a fim de garantir sua resistência e vida útil.

Segundo Carvalho e Pinheiro em 2013, é importante destacar que a concepção estrutural apropriada para cada situação é de total responsabilidade do projetista estrutural, mesmo com a evolução de métodos e procedimentos. É necessário considerar não apenas a verificação do estado limite último (ELU), mas também a verificação do estado limite de serviço (ELS), que inclui deformação excessiva e efeitos de fissuração.

5.3 Cálculo Para O Dimensionamento Estrutural

Os sistemas estruturais discutidos neste trabalho incluem concreto armado e estruturas metálicas, cujos métodos são regidos pelas normas ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 8800:2008 e são conhecidos como "métodos dos estados-limites". Esses métodos garantem que nenhum estado-limite aplicável seja ultrapassado quando a estrutura é submetida a todas as combinações adequadas de ações. De acordo com a ABNT NBR 8800:2008, se um ou mais estados-limite são ultrapassados em estruturas metálicas, a estrutura não atende mais aos objetivos para os quais foi projetada.

5.4 Durabilidade, Desempenho E Vida Útil Das Estruturas

Inicialmente, é importante destacar que a durabilidade das estruturas de concreto armado é afetada por diversos fatores, tais como: qualidade dos materiais utilizados, projeto adequado, execução correta, exposição ambiental e agentes agressivos.

Estudos mostram que a exposição a agentes agressivos, tais como ação de água, sais, dióxido de carbono, cloretos e sulfatos, pode afetar significativamente a durabilidade das estruturas de concreto armado. A penetração desses agentes pode levar à corrosão das armaduras, o que pode comprometer a integridade estrutural e a segurança da construção.

Diversas pesquisas têm sido realizadas para entender melhor a durabilidade das estruturas de concreto armado e desenvolver técnicas para melhorar sua resistência e vida útil. Uma das principais soluções encontradas é o uso de aditivos e materiais especiais, como cimentos com baixo teor de álcalis e polímeros, que ajudam a reduzir a permeabilidade do concreto e, conseqüentemente, a penetração de agentes agressivos.

Além disso, as normas técnicas brasileiras, como a NBR 6118 (Projeto de Estruturas de Concreto), estabelecem critérios e recomendações para a durabilidade das estruturas de concreto armado, tais como espessura mínima de cobrimento das armaduras, escolha de materiais adequados e medidas de proteção contra agentes agressivos.

Já para as estruturas metálicas, a exposição a agentes agressivos, tais como umidade, chuva ácida, gases poluentes e corrosão galvânica, pode afetar

significativamente a sua durabilidade. A corrosão é um dos principais problemas enfrentados por essas estruturas, podendo levar à perda de seção e à falha estrutural.

Uma das principais soluções encontradas para aumentar sua resistência e também vida útil é o uso de materiais de revestimento, como tintas e galvanização, que ajudam a proteger o metal contra a corrosão.

Ademais, a NBR 8800 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios), traz em seu texto critérios e recomendações para a durabilidade das estruturas metálicas, tais como escolha de materiais adequados, medidas de proteção contra agentes agressivos e inspeções periódicas para detectar sinais de deterioração.

5.5 Manutenção E Segurança

Conforme a ABNT NBR 5674:2012, é necessário estabelecer um programa de manutenção para preservar as características originais da edificação e evitar a perda de desempenho decorrente da degradação dos seus sistemas, elementos ou componentes.

É recomendado seguir o manual de manutenção indicado pela ABNT NBR 14037:2014. Já a ABNT NBR 15575:2013 destaca que, para garantir a segurança durante a vida útil da edificação, é fundamental que os elementos e componentes que a compõem estejam em condições seguras para os usuários, sem apresentar riscos de rupturas, instabilizações, tombamentos ou quedas que possam prejudicar a integridade física dos ocupantes ou de pessoas que transitam nas proximidades da construção.

Além disso, é importante que não haja partes expostas cortantes ou perfurantes, nem deformações e defeitos acima dos limites estabelecidos em normas. É necessário realizar manutenções preventivas e corretivas para assegurar a utilização segura e adequada da edificação.

5.6 Sistema Construtivo: Estrutura Metálica

As estruturas metálicas são elementos estruturais fabricados a partir de ligas metálicas, geralmente aço carbono, que apresentam alta resistência mecânica, durabilidade e facilidade de montagem. São utilizadas na construção de edifícios industriais, comerciais e residenciais, pontes, viadutos, torres de telecomunicações, entre outros.

De acordo com a norma ABNT NBR 8800:2008, que estabelece os requisitos para o projeto, fabricação e montagem de estruturas de aço, as estruturas metálicas são dimensionadas por meio de cálculo estrutural, que leva em consideração as cargas a que a estrutura estará submetida, tais como peso próprio, vento, entre outras.

A fabricação das estruturas metálicas é feita em indústrias especializadas, com alto controle de qualidade, garantindo a precisão dimensional e a resistência mecânica das peças. Já a montagem é feita no canteiro de obras, seguindo rigorosamente as instruções do projeto e as normas de segurança.

As estruturas metálicas apresentam grandes vantagens em relação a outros métodos construtivos, como a velocidade de execução, a facilidade de transporte e manuseio, a precisão dimensional e a possibilidade de reaproveitamento das peças.

Além disso, as estruturas metálicas são altamente resistentes ao fogo e à corrosão, podendo ser protegidas por meio de pintura ou galvanização.

5.6.1 Ligação dos elementos metálicos

As ligações são elementos fundamentais para o bom desempenho das estruturas metálicas, pois são responsáveis por transmitir as cargas entre os elementos estruturais, garantindo a estabilidade e segurança da estrutura como um todo. Existem dois tipos de ligações utilizadas nas estruturas metálicas: ligações soldadas e parafusadas.

As ligações soldadas são realizadas por meio da fusão das peças metálicas com o uso de calor, gerando uma união monolítica. Segundo a NBR 8800:2008, as ligações soldadas devem ser dimensionadas para resistir a esforços de tração, compressão, cisalhamento e momento fletor, além de garantir a resistência à fadiga e deformação plástica.

Já as ligações parafusadas são realizadas por meio da união de peças metálicas com o uso de parafusos. As ligações parafusadas devem ser dimensionadas para resistir a esforços de tração, compressão, cisalhamento e momento fletor, além de garantir a resistência à fadiga e ao deslizamento.

Ambos os tipos de ligações apresentam vantagens e desvantagens, devendo ser escolhidas de acordo com as necessidades e especificidades de cada projeto. O dimensionamento das ligações deve levar em consideração diversos fatores, tais como as cargas envolvidas, as características dos materiais utilizados, a geometria da ligação e os métodos construtivos empregados.

Para este estudo de caso, foram consideradas apenas ligações parafusadas para fabricação das peças. Eventualmente durante a execução da ponte de embarque foi necessário executar ligações soldadas apenas para ajustes pontuais, sendo estas soldas irrelevantes para o cálculo deste trabalho.

5.7 Sistema Construtivo: Estrutura De Concreto Armado

Se a preocupação com as ligações é importante para estruturas metálicas, a cura do concreto é essencial para a estrutura de concreto armado. De acordo com Bauer (2000), cura do concreto refere-se aos processos utilizados para evitar a evaporação da água necessária para a reação química com o cimento, garantindo assim que o concreto atinja a resistência de projeto. O autor destaca que o período mínimo de cura deve ser de 7 dias após o lançamento, e que quanto maior for esse período, maior será a resistência mecânica, a resistência à retração e fissuração, além de melhorar a impermeabilização e a resistência a agentes agressivos.

A estrutura de concreto armado é uma das técnicas mais utilizadas na construção civil, devido à sua resistência, durabilidade e facilidade de manutenção. O concreto é um material composto por cimento, água e agregados, como areia e brita, e quando reforçado com barras ou telas de aço, forma o concreto armado.

Segundo a ABNT NBR 6118:2014, que regulamenta o projeto de estruturas de concreto armado, é importante que as dimensões, formas e quantidades de materiais utilizados em cada elemento estrutural sejam adequados para suportar as cargas a que estarão submetidos.

Além disso, é necessário considerar as etapas de execução da estrutura, desde o preparo da fundação até a finalização do acabamento, de forma a garantir a

qualidade e segurança da construção. A cura do concreto, por exemplo, é uma etapa fundamental que consiste em manter a umidade no material para que este atinja a resistência desejada.

A norma também estabelece os requisitos de desempenho que devem ser atendidos pelas estruturas de concreto armado, como a capacidade de suportar cargas, deformações e fissuras, além de preservar a estanqueidade e a durabilidade ao longo do tempo.

Para o projeto de estruturas de concreto armado, é importante considerar a ação de ventos, terremotos – (para os países em que ocorre esse fenômeno), sobrecargas e outras cargas que podem afetar a segurança da estrutura. É necessário também prever a utilização de elementos como vigas, lajes, pilares e fundações, que devem ser dimensionados corretamente para garantir a estabilidade da estrutura.

Portanto, a estrutura de concreto armado é uma técnica de construção muito utilizada na engenharia civil, que exige cuidados em todas as etapas, desde o projeto até a execução e manutenção, para garantir sua resistência, durabilidade e segurança.

5.8 Sustentabilidade Na Construção Civil

A sustentabilidade na construção civil é um tema cada vez mais importante e presente na sociedade atual, buscando minimizar o impacto ambiental e social causado pela atividade da construção civil. Segundo a ABNT NBR ISO 14001:2015, a sustentabilidade é definida como a capacidade de um empreendimento atender às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades.

A construção civil é responsável por uma grande quantidade de impactos ambientais, como a emissão de gases de efeito estufa, consumo excessivo de água e energia, geração de resíduos sólidos e comprometimento da biodiversidade. Por isso, é importante que a indústria da construção civil adote práticas sustentáveis em todos os aspectos do processo construtivo, desde a concepção do projeto até a fase de operação e manutenção do edifício.

Algumas das principais estratégias para a construção sustentável incluem o uso de materiais de baixo impacto ambiental, como materiais reciclados e de fontes renováveis, o uso eficiente de energia e água, a implementação de sistemas de captação de água de chuva, o controle e gestão adequada de resíduos sólidos, a redução de emissão de gases de efeito estufa e o incentivo à mobilidade sustentável.

Além disso, a certificação de construções sustentáveis, como a certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), vem se tornando cada vez mais comum em projetos de construção civil, o que incentiva a adoção de práticas sustentáveis e a valorização do empreendimento no mercado. A adoção de práticas sustentáveis na construção civil não só contribui para a preservação do meio ambiente, mas também pode trazer benefícios econômicos, sociais e para a saúde das pessoas que habitam os edifícios construídos.

5.9 Logística e Infraestrutura

A logística e a infraestrutura de obras são áreas fundamentais para o sucesso de qualquer empreendimento na construção civil. A gestão logística envolve a organização dos fluxos de materiais, equipamentos, mão de obra e informações, garantindo que os recursos necessários estejam disponíveis no momento adequado e no local correto. Já a infraestrutura de obras inclui a preparação do terreno, a construção de acessos, a instalação de redes de água, esgoto, energia elétrica, entre outras atividades necessárias

para tornar o canteiro de obras adequado para o desenvolvimento das atividades construtivas.

Um estudo realizado por Kopp et al. (2021) destaca a importância da gestão da cadeia de suprimentos na construção civil, uma vez que as operações logísticas representam uma parcela significativa do custo total da obra. Segundo os autores, a otimização dos processos logísticos pode gerar economias substanciais e melhorias no desempenho geral do empreendimento.

Já o trabalho de Verly et al. (2020) aborda a importância da infraestrutura para a execução de obras de grande porte, destacando que a preparação adequada do terreno e a construção de acessos e vias de circulação são fundamentais para garantir a segurança e eficiência das operações de construção. Além disso, os autores destacam a importância de um planejamento eficiente para minimizar os impactos da obra no entorno e garantir a sustentabilidade do empreendimento.

Em síntese, a logística e a infraestrutura de obras são áreas essenciais para a execução de empreendimentos de sucesso na construção civil. A gestão eficiente dos recursos e processos logísticos, aliada a uma infraestrutura adequada e planejada, é fundamental para garantir a eficiência, segurança e sustentabilidade das operações construtivas.

No Brasil, diversos estudos têm sido realizados para melhorar esses aspectos, visando aumentar a eficiência e reduzir custos.

Outro aspecto importante é a infraestrutura da obra, que deve ser planejada para atender às necessidades de todos os envolvidos, desde trabalhadores até equipamentos e materiais. Segundo o estudo de Santos et al. (2018), a infraestrutura deve ser adequada para minimizar o tempo de execução da obra e maximizar a produtividade, através da organização do canteiro de obras, da instalação de sistemas de energia e água, e do uso de tecnologias para monitorar o desempenho da obra.

No Brasil, a implementação de infraestrutura de obras tem sido objeto de investimentos governamentais. O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), por

exemplo, tem como objetivo principal promover o crescimento econômico do país através do desenvolvimento de infraestrutura, incluindo obras de transporte, energia, saneamento básico, entre outras (BRASIL, 2021).

Em suma, a logística e a infraestrutura de obras são aspectos essenciais para o sucesso de um empreendimento. No Brasil, estudos e investimentos têm sido realizados para melhorar esses elementos, visando aumentar a eficiência e reduzir custos.

5.10 Orçamento

O orçamento de obras é uma etapa fundamental do planejamento de uma construção, pois ele determina o custo total da obra e permite uma gestão financeira eficiente. No Brasil, existem diversas metodologias e normas que orientam o processo de orçamentação, como a NBR 12721:2006 da ABNT e o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil).

De acordo com um estudo realizado por Carneiro e Sampaio (2018), a etapa de orçamentação de uma obra pode ser dividida em três partes: levantamento de quantitativos, composição de preços unitários e formação do preço global. O levantamento de quantitativos consiste na identificação e medição de todos os elementos necessários para a execução da obra, como materiais, mão de obra e equipamentos. Já a composição de preços unitários envolve a determinação dos valores unitários de cada item do levantamento de quantitativos. Por fim, a formação do preço global é a soma dos valores unitários multiplicados pelos quantitativos.

Outro estudo relevante sobre orçamento de obras é o de Ferreira et al. (2020), que analisou a importância da precisão dos quantitativos na fase de orçamentação. Os autores destacam que a falta de precisão nos quantitativos pode levar a erros na composição dos preços unitários e, conseqüentemente, no preço final da obra. Para garantir a precisão dos

quantitativos, é fundamental que seja realizada uma análise detalhada do projeto e da especificação dos materiais a serem utilizados.

Além disso, é importante destacar a utilização de softwares específicos para auxiliar na elaboração do orçamento de obras. Segundo um estudo realizado por Soares et al. (2018), a utilização de software pode aumentar a precisão dos quantitativos e reduzir o tempo necessário para a elaboração do orçamento. Os autores destacam que o software deve ser capaz de gerar relatórios completos, possibilitando uma análise detalhada do orçamento e facilitando a gestão financeira da obra.

Em resumo, o orçamento de obras é uma etapa crucial do processo de construção e exige precisão e atenção aos detalhes. A utilização de metodologias e normas, como a NBR 12721:2006 e o SINAPI, aliada à análise detalhada do projeto e a utilização de softwares específicos, podem garantir a eficiência e precisão do orçamento.

6 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado com base nos projetos estrutural e arquitetônico da ponte de embarque em questão, constituída em aço.

Neste estudo de caso foi realizada uma revisão cuidadosa das plantas, levantamento das dimensões e cargas utilizadas nas peças estruturais por meio da elaboração do desenho tridimensional do projeto estrutural para melhor compreensão do objeto de estudo e para isso foram revisadas normas orientativas sobre projetos, incluindo a ABNT NBR 8800:2008, ABNT NBR 6118:2014, ABNT NBR 13532:1995, além das outras normas aqui elencadas.

Além disso, foi realizado o redimensionamento da ponte de embarque em questão, constituída em concreto armado, seguindo as normas supracitadas para fins de dimensionamento, conforme citado nos objetivos deste trabalho. Dessa forma, foram

elaboradas as plantas e desenho tridimensional em software compatível visando os fins comparativos.

As pontes de embarque em aeroportos desempenham um papel fundamental na indústria da aviação. Essas estruturas são usadas para conectar as aeronaves aos terminais, permitindo que os passageiros embarquem e desembarquem com segurança e eficiência. A importância das pontes de embarque é destacada por vários estudos e publicações na literatura especializada.

Em resumo, as pontes de embarque são uma peça fundamental da infraestrutura aeroportuária, melhorando a segurança, eficiência e satisfação do passageiro. Essa importância é respaldada por estudos acadêmicos e publicações especializadas, bem como pelos padrões e recomendações da IATA (International Air Transport Association).

6.1 Descrição Da Edificação

A estrutura da ponte de embarque, objeto de estudo, encontrava-se em fase de execução no Aeroporto Internacional Presidente Castro Pinto, localizado no município de Bayeux- PB. O aeroporto passou por uma expansão devido ao crescimento exponencial do fluxo de passageiros nos últimos anos.

O prédio estudado possuía 141,35 m² no pavimento denominado “Via” e 172,4 m² de rampas, denominadas “acesso”, totalizando 313,7 m² de área de circulação de passageiros.

O sistema estrutural, projetado pelo consórcio projetista *CEMOSA INTERTECHNE*, é constituído por vigas e pilares nos perfis soldados de aço em perfis ASTM(A 572 grau 50 e as lajes Steel deck fabricadas com aço especial galvanizado ASTM A 653 Grau 40, perfiladas e formadas a frio. ASTM é a sigla de “American Society for Testing and Materials”, se trata de um órgão estadunidense de normalização. A ASTM desenvolve e publica normas técnicas para uma ampla gama de materiais, produtos, sistemas e serviços. O Steel Deck, também conhecido como “forma de aço”, é um tipo de revestimento utilizado

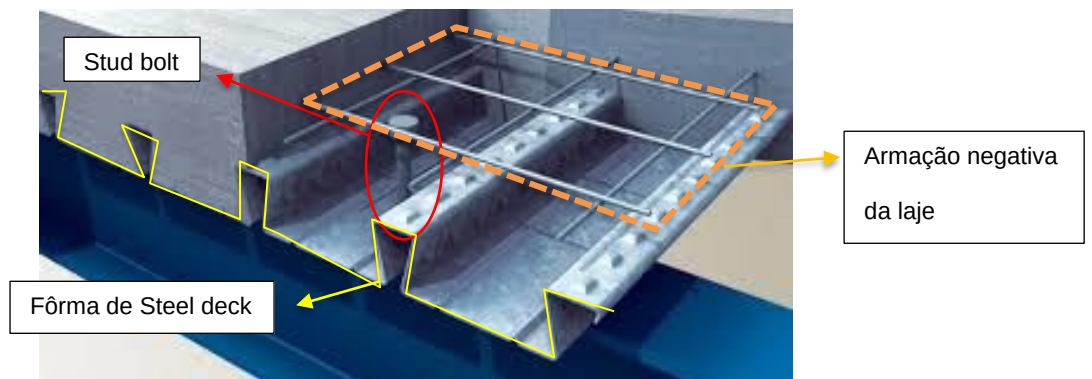
em estruturas de concreto armado, que consiste em uma chapa de aço galvanizado que serve de forma para o lançamento do concreto da laje e para colaborar com aderência da laje com o perfil de apoio utiliza-se de conectores específicos, ela ainda, apresenta perfurações para facilitar passagem de dutos.

O Steel Deck também pode ser pintado eletrostaticamente em sua face inferior e constitui com a estrutura metálica, um sistema construtivo de alta eficiência, com grande aplicação na construção de centros de convenções, shoppings, edifícios comerciais e residenciais, hotéis, hospitais, escolas, conjuntos habitacionais, garagens e mezaninos para armazéns, além de edifícios industriais em geral. Dentre as muitas vantagens para a construção, destacam-se as seguintes:

- alta qualidade de acabamento da laje;
- dispensa escoramento e reduz os gastos com desperdício de material;
- facilidade de instalação e maior rapidez construtiva;
- Steel Deck funciona como plataforma de serviço e proteção aos operários que trabalham nos andares inferiores, propiciando maior segurança;
- apresenta facilidade para a passagem de dutos das diversas instalações, favorecendo também a fixação de forros;

Esse tipo de forma metálica é utilizado em lajes nervuradas ou com vigotas pré-moldadas, com a finalidade de melhorar a aderência do concreto e aumentar a capacidade estrutural da laje, permitindo que ela suporte cargas maiores e reduzindo a espessura necessária para a laje. A aderência do concreto ao aço ocorre por meio de conformações de relevos e ranhuras na chapa metálica que servem de superfície de ancoragem.

Figura 3 - Demonstração da laje steel deck



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 4- Montagem da estrutura metálica da Ponte de Embarque



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 5- Montagem da escada metálica da Ponte de Embarque



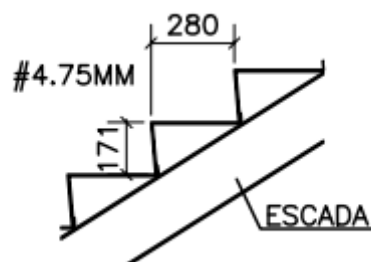
Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 6- Armação do Steel deck da laje “Acesso” da Ponte de Embarque



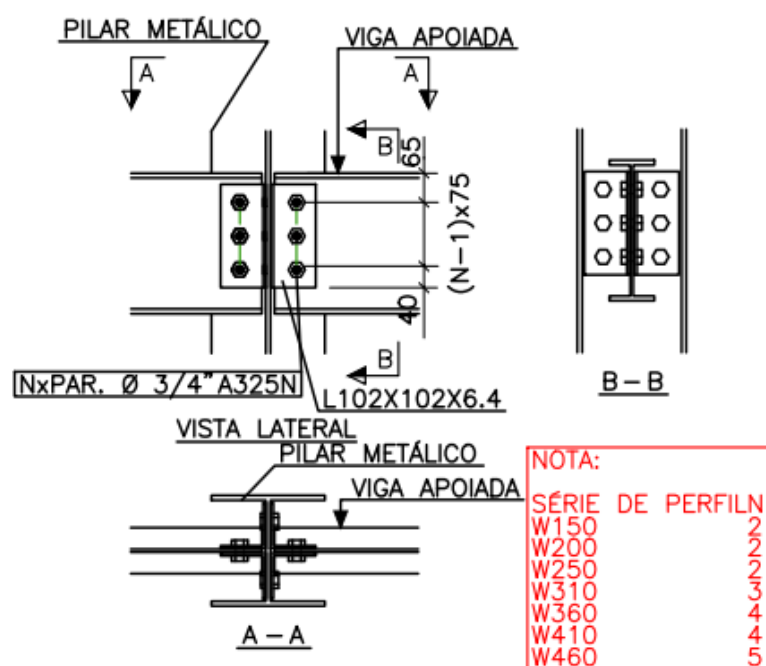
Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 7-Detalhe dos degraus da escada da Ponte de Embarque



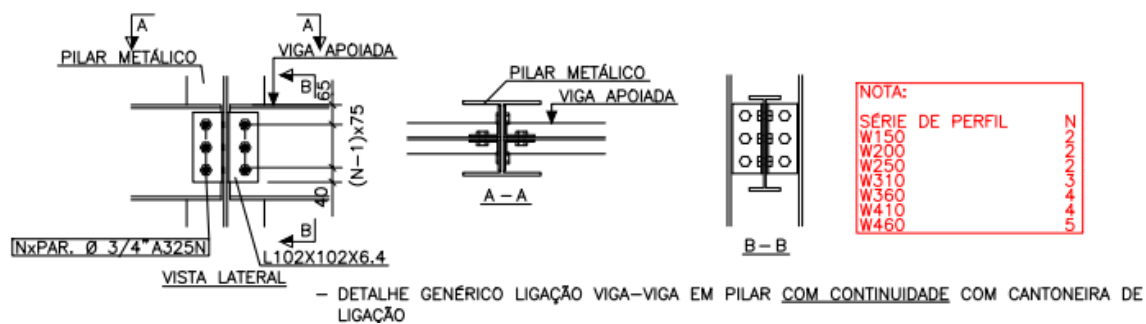
Fonte: Anexo C

Figura 8- Detalhe da ligação Viga - Pilar da Ponte de Embarque



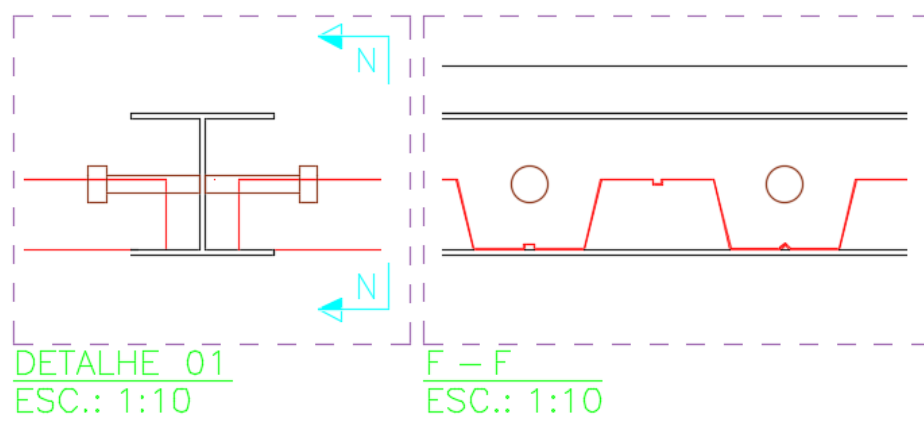
Fonte: Anexo C

Figura 9- Detalhe da ligação Viga - Pilar da Ponte de Embarque



Fonte: Anexo C

Figura 10- Detalhe da armação do Steel Deck da Ponte de Embarque



Fonte: Anexo C

Figura 11- Instruções para instalação do Stud Bolt da Ponte de Embarque

INSTRUÇÕES – STUD BOLT

CONDIÇÕES PARA INSTALAÇÃO

1 – O STEEL DECK E O ACABAMENTO EM "L" DEVEM SER COLOCADOS ENCOSTADOS, CONFORME ILUSTRAÇÃO, NUNCA SOBREPOSTOS;

2 – SEMPRE QUE HOUVER ACABAMENTO LATERAL, A BASE DA ONDA DO STEEL DECK DEVE FICAR NO MÍNIMO A 70mm DA BASE DO ARREMATE PERIFÉRICO, DE FORMA A PERMITIR A INSTALAÇÃO DO CONECTOR;

3 – AS LÂMINAS DO STEEL DECK DEVEM SER COLOCADAS COM AS EXTREMIDADES ENCOSTADAS, JAMAIS SOBREPOSTAS. É NECESSÁRIO PREVER O ENCONTRO DA ONDA BAIXA COM O CENTRO DA VIGA METÁLICA.

OBS.: AS VIGAS METÁLICAS NA PARTE SUPERIOR (BASE) DEVEM ESTAR ISENTAS DE PINTURAS OU OXIDAÇÕES PARA MELHOR CONTATO COM O STEEL DECK.

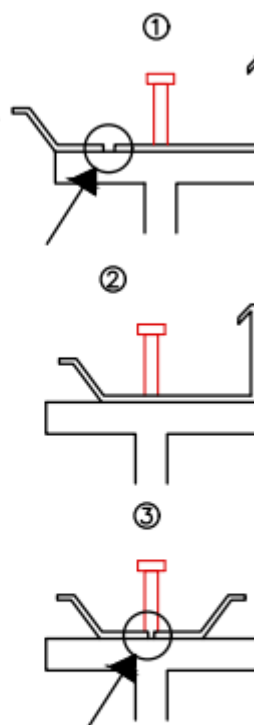
CONDIÇÕES PARA SOLDAGEM

1 – AS SUPERFÍCIES DEVEM ESTAR LIMPAS, ISENTAS DE ÁGUA, ÓLEO, INCRUSTAÇÕES E QUALQUER TIPO DE RESÍDUO SÓLIDO;

2 – OS ANÉIS DEVEM ESTAR PERFEITAMENTE SECOS – A PRESENÇA DE ÁGUA NA REGIÃO DA SOLDA PROVOCARÁ VAPORES E FARÁ A PEÇA "EXPLODIR".

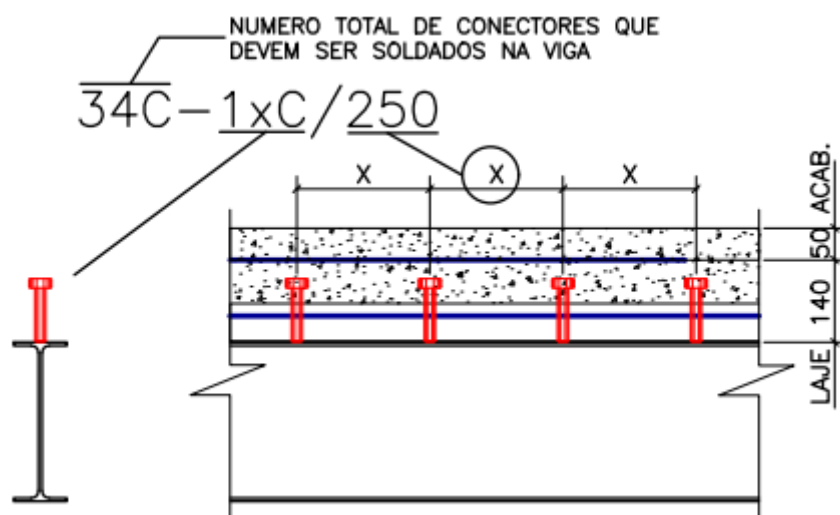
PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA STUD BOLT

- 1 – LIMITE DE RESISTÊNCIA: 450 MPa (45.87Kgf/mm²)
- 2 – LIMITE DE ESCOAMENTO (0,2%): 350MPa (35.67Kgf/mm²)
- 3 – ALONGAMENTO (% EM 2"): 20% MÍM.
- 4 – REDUÇÃO DA ÁREA: 50%MÍM.



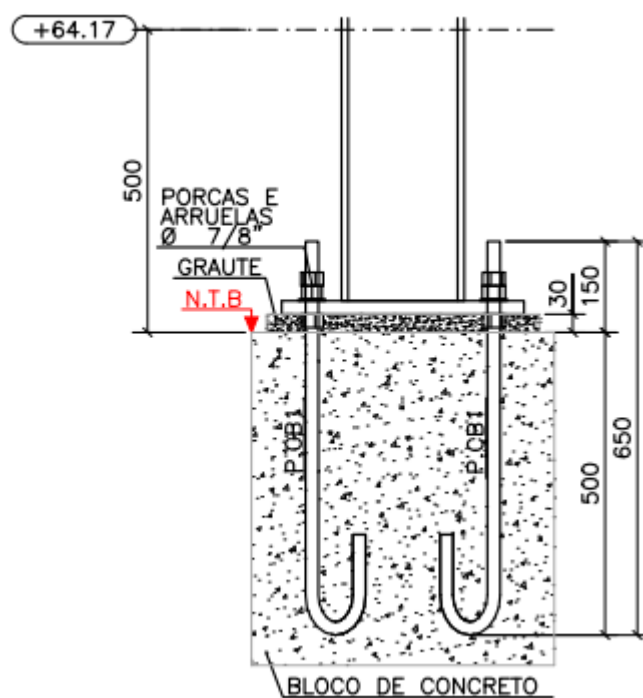
Fonte: Anexo C

Figura 12- Detalhes para instalação do Stud Bolt da Ponte de Embarque



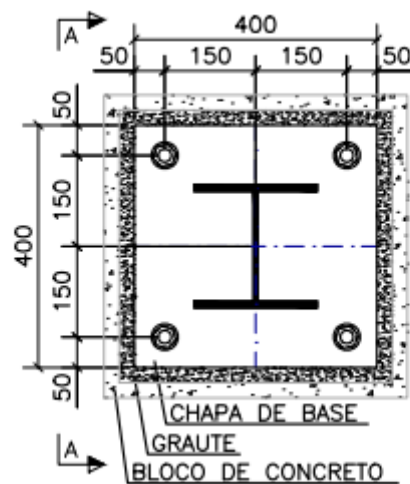
Fonte: Anexo C

Figura 13- Detalhes dos chumbadores (que ligam os pilares às sapatas de fundação) da Ponte de Embarque



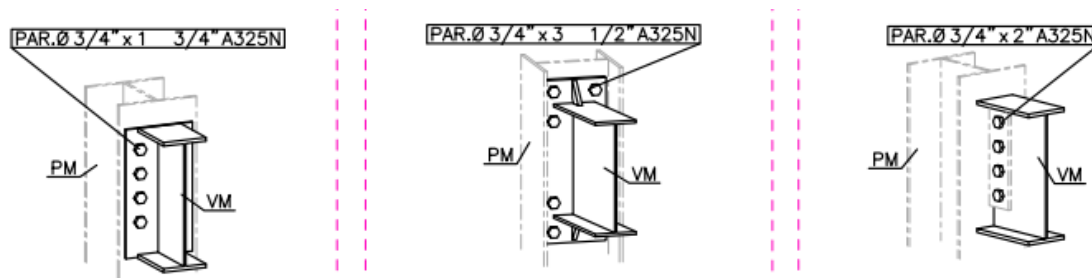
Fonte: Anexo C

Figura 14- Vista em planta baixa do perfil H (pilar) da Ponte de Embarque



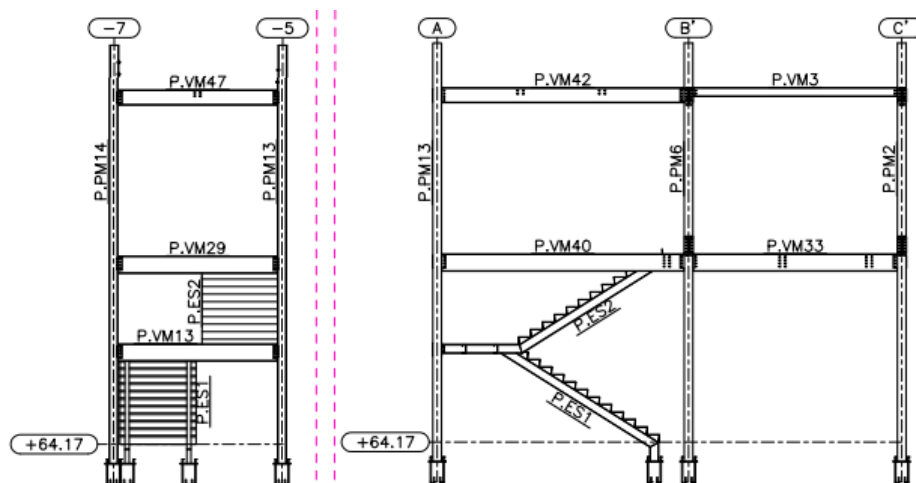
Fonte: Anexo C

Figura 15-Detalhes da ligação entre viga metálica e pilar metálico com chapa de topo (alma do pilar) da Ponte de Embarque



Fonte: Anexo C

Figura 16-Corte indicando a escada metálica da Ponte de Embarque



Fonte: Anexo C

6.2 Análise Estrutural

6.2.1 Ações consideradas

Foram consideradas as ações do peso próprio ou carga permanente, medidas em kN, kN/m e kN/m².

6.2.2 Cargas permanentes

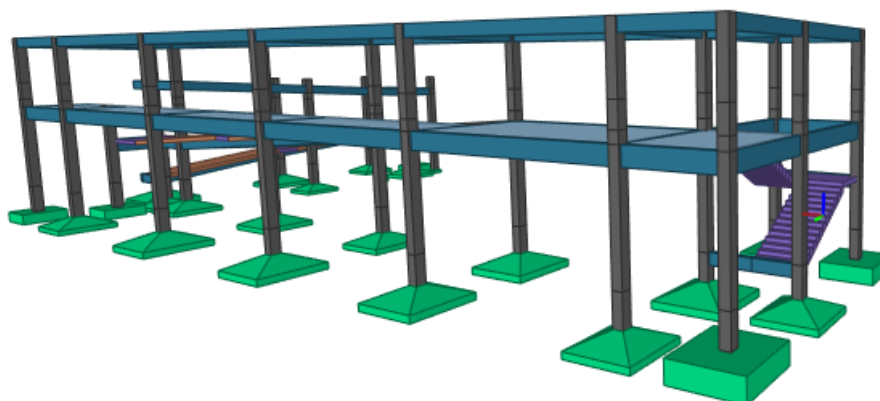
6.2.2.1 Peso próprio da estrutura metálica

A estrutura metálica, composta por lajes técnica e de piso, pilares e vigas, possui um peso total de 41.727,18 kg, conforme levantamento demonstrado nas tabelas do Anexo A.

6.2.3 Cargas acidentais e Cargas devido ao vento

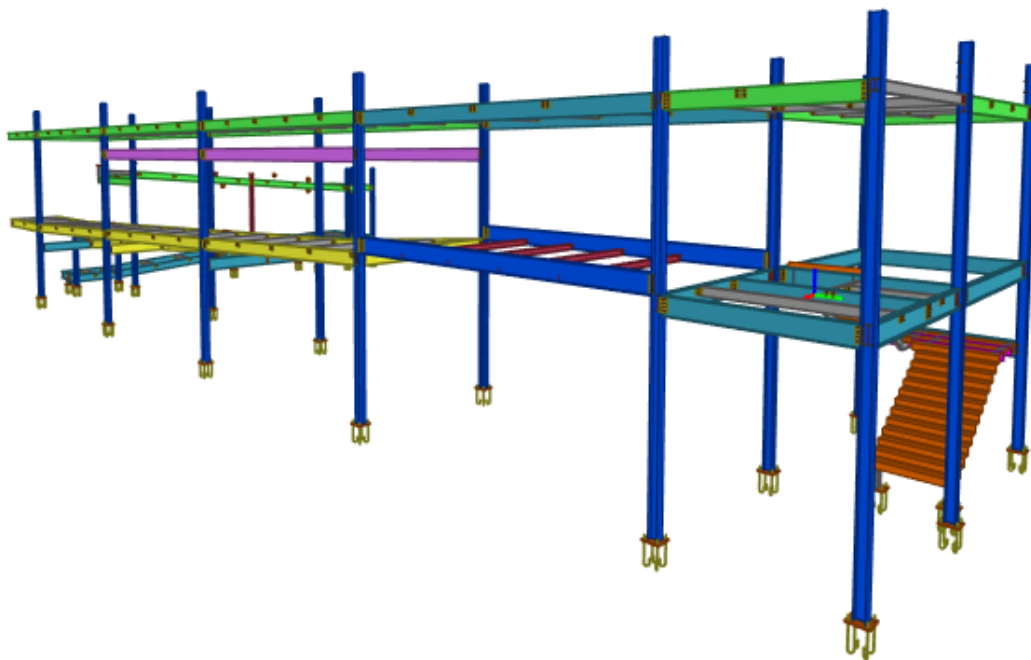
As cargas acidentais, juntamente com as cargas devido ao vento e as combinações das ações seguiram as recomendações da ABNT NBR 8800:2008, não fazendo parte deste estudo de caso o dimensionamento do projeto da estrutura em aço, apenas a análise comparativa do orçamento, conforme objetivos específicos deste trabalho.

Figura 17-Visualização tridimensional da estrutura da Ponte de Embarque em concreto armado



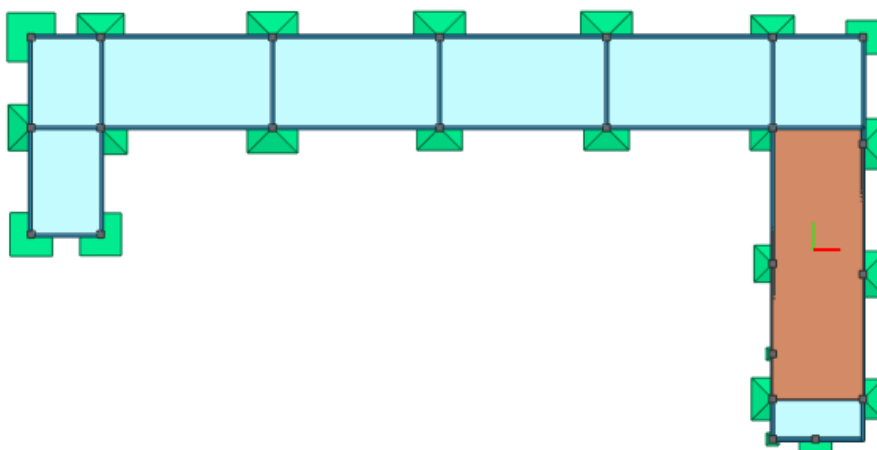
Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 18-Visualização tridimensional da estrutura da Ponte de Embarque em aço



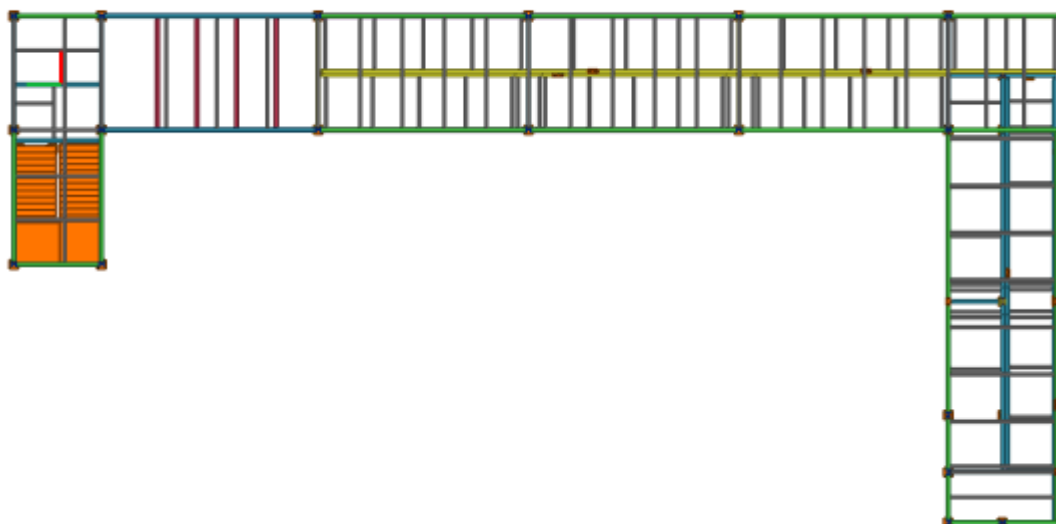
Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 19-Visualização bidimensional da estrutura da Ponte de Embarque em concreto armado



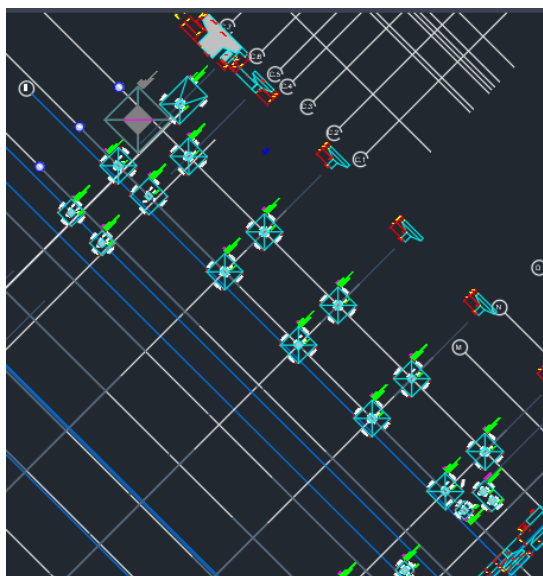
Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 20-Visualização bidimensional da estrutura da Ponte de Embarque em aço



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 21-Marcação das sapatas da Ponte de Embarque em aço



Fonte: Acervo pessoal (2023).

6.3 Fundações

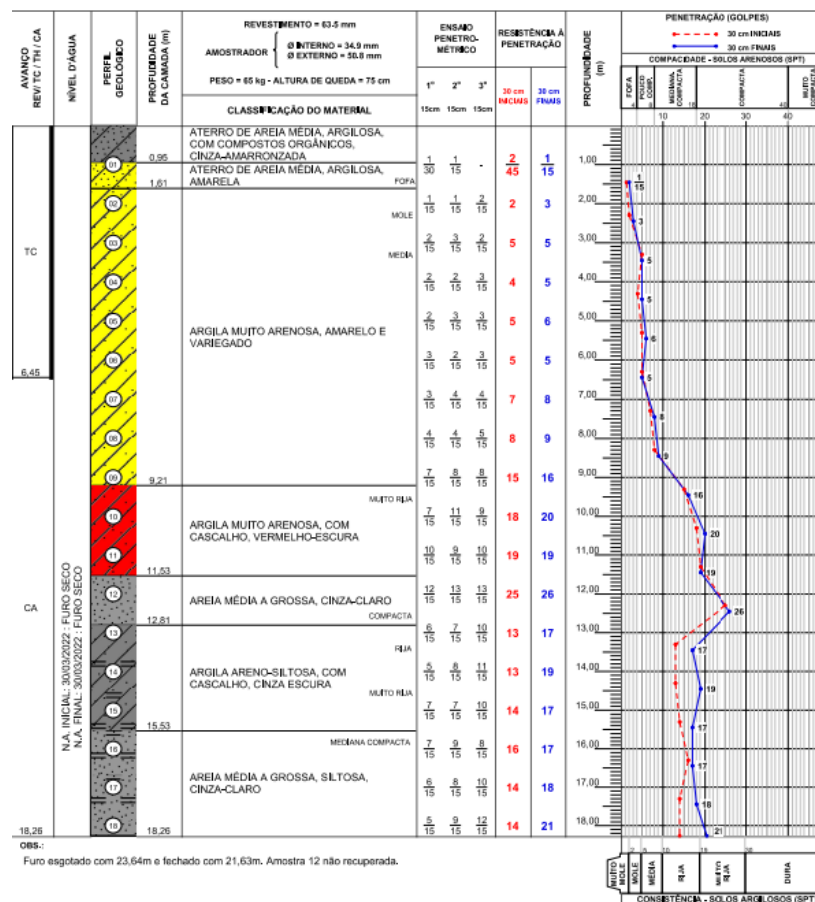
As fundações precisaram ser redimensionadas para suportar o carregamento da estrutura de concreto armado, muito superior ao carregamento da estrutura metálica. Para isto, foram considerados os ensaios de solos do local da obra, fornecidas pela empresa na qual a discente estagiou.

O relatório apresentou o resultado das sondagens geotécnicas de simples reconhecimento de solos, a partir de sondagem à percussão, para posterior elaboração de projetos da Ponte de embarque, objeto de estudo deste trabalho.

A partir dos dados obtidos nos ensaios, pôde-se perceber que o perfil geológico da área em estudo se trata de uma areia média muito argilosa até os 9 metros de escavação em seguida passa a ser uma argila muito arenosa com cascalhos. Em ambos os furos realizados, o nível de água não apareceu, o que é bom, pois um nível de água elevado pode significar uma baixa resistência do solo.

O valor da tensão admissível utilizado para dimensionar as sapatas da estrutura em concreto armado foi de 147,1 kN/m²; e o coeficiente de atrito igual à 0,30.

Figura 22-Amostra de um dos furos do ensaio SPT da Ponte de Embarque



Fonte: Relatório de sondagens realizado pela empresa TerraSol

6.4 Logística E Infraestrutura

A logística é fundamental em obras aeroportuárias, uma vez que envolve a movimentação de uma grande quantidade de materiais, equipamentos e pessoal em um ambiente complexo e altamente regulamentado. A logística eficiente é essencial para garantir a entrega pontual e precisa de todos os materiais necessários, desde equipamentos de construção até materiais de acabamento, de forma a permitir que o projeto prossiga sem interrupções.

Além disso, a logística em obras aeroportuárias também envolve a coordenação cuidadosa de vários fornecedores, empreiteiros e outros prestadores de serviços. Um sistema eficaz de gerenciamento de materiais e equipamentos é necessário para garantir que todas as partes envolvidas estejam alinhadas e trabalhando juntas para alcançar os objetivos do projeto.

Caso o sistema estrutural escolhido para a obra fosse de concreto armado, o planejamento logístico necessário para a execução da obra seria mais complexo do que em aço. Isso porque seria necessário utilizar concreto usinado e formas de madeira, além de fechamentos com tapumes, contêineres para armazenamento de materiais – por se tratar da área restrita aeroportuária-, espaços destinados aos rejeitos, conforme exigido pela Norma Regulamentadora - NR: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, 2015.

Além disso, seria necessário utilizar equipamentos como caminhão munck, caminhão lançador, vibrador de imersão, mantas para a realização da cura do concreto (manta geotêxtil - bidim) e andaimes. Também seria preciso definir espaços adequados para a marcenaria (montagem das formas) e para a armação (corte, dobra e pré-montagem), bem como para a movimentação de materiais, equipamentos e pessoas. Tudo isso seria realizado com a mesma quantidade de mão de obra utilizada para o sistema estrutural em aço. Segundo Vieira (2006), o planejamento logístico necessário para a obra em concreto armado seria mais complexo do que para o sistema em aço.

6.5 Planejamento

Conforme afirmado por González (2008), a etapa do planejamento envolve a organização da execução das obras, levando em consideração tanto o orçamento quanto a programação. O orçamento está relacionado às questões financeiras, enquanto a programação se refere à distribuição das atividades ao longo do tempo.

O planejamento é um fator crucial para o sucesso de qualquer empreendimento, independentemente de seu tamanho, uma vez que requer um sistema que possa gerenciar informações e conhecimentos provenientes de diversas áreas e direcioná-los para a construção. Embora o setor de planejamento esteja ligado a todos os outros setores de uma empresa de construção, sua conexão com o setor financeiro é particularmente importante. Nesse setor, o planejamento é responsável por avaliar a viabilidade econômica do empreendimento utilizando os custos estimados pelo orçamento da obra. Além disso, ele também é responsável pelo controle técnico e financeiro das obras em andamento, conforme observado por Goldman (1997).

Conforme observado por Limmer (1997), a viabilidade econômica é a avaliação que determina se um empreendimento é exequível ou não, levando em consideração a disponibilidade dos recursos e a relação custo-benefício.

Avila & Jungles (2000) afirmam que o planejamento é um processo que envolve o uso de técnicas científicas para aumentar a eficiência, a racionalidade e a segurança por meio de previsões, programação, execução, coordenação e controle dos resultados, visando alcançar os objetivos desejados.

Portanto, é essencial ter um bom planejamento para executar um projeto, definindo o método de execução, o cronograma e o controle da obra, a fim de garantir que o orçamento permaneça dentro do planejado.

6.5.1 A curva "S"

A curva S de planejamento financeiro é uma representação gráfica que mostra a taxa de crescimento de um projeto, investimento ou atividade financeira ao longo do tempo. Essa curva é chamada de "S" devido à sua forma geralmente semelhante à letra "S".

No contexto financeiro, a curva S é frequentemente usada para prever e monitorar o desempenho financeiro de um projeto ou investimento. Ela relaciona o investimento realizado ou os custos incorridos com os resultados financeiros obtidos ao longo do tempo.

A curva S é composta por três fases principais:

- Fase de crescimento lento: no início do projeto ou investimento, os resultados financeiros tendem a ser baixos em relação aos recursos investidos. Nessa fase, há um período de aprendizado e adaptação, em que o desempenho ainda é limitado.
- Fase de crescimento rápido: à medida que o projeto ou investimento avança, ocorre um aumento acelerado nos resultados financeiros. Isso ocorre à medida que os recursos são melhor aproveitados, a eficiência aumenta e os benefícios começam a ser percebidos.
- Fase de crescimento estável: após o crescimento acelerado, a curva atinge um platô, onde o ritmo de crescimento diminui e os resultados financeiros se

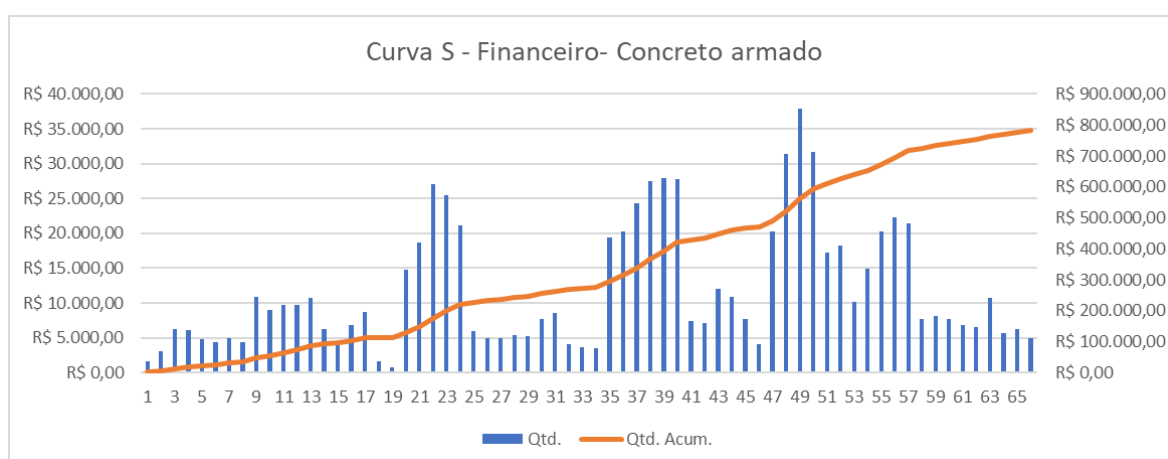
estabilizam. Nessa fase, o projeto ou investimento atinge seu potencial máximo e mantém um desempenho consistente.

A curva S de planejamento financeiro pode ser útil para estimar o retorno sobre o investimento, avaliar a viabilidade financeira de um projeto ao longo do tempo e identificar pontos de inflexão que requerem ajustes ou mudanças de estratégia.

Embora a curva S seja uma ferramenta amplamente utilizada no planejamento financeiro, é importante observar que sua aplicação depende do contexto específico e das características do projeto ou investimento em questão.

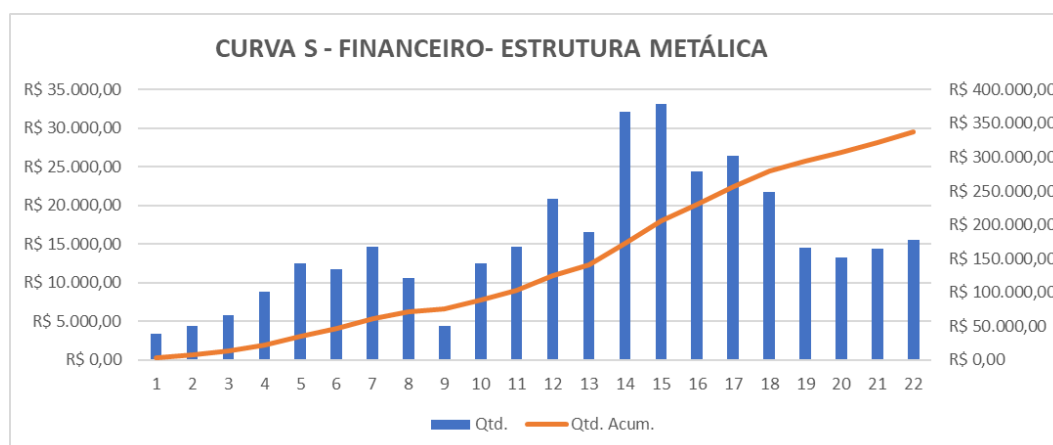
Como podemos ver nos gráficos 01 e 02 abaixo, em ambos os casos os custos se mantêm variados durante todo o prazo da obra, sendo necessário um alto investimento para mantê-las em funcionamento.

Gráfico 1- Curva S do cronograma financeiro para estrutura de concreto armado



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Gráfico 2-- Curva S do cronograma financeiro para estrutura de aço



Fonte: Acervo pessoal (2023)

6.6 Orçamento

6.6.1 Custos diretos e indiretos

No Manual do SINAPI, da Caixa Econômica Federal, constam algumas definições relevantes para este trabalho.

Os custos diretos são os custos associados à execução física de uma obra, incluindo todos os serviços necessários para a sua realização. Eles são obtidos através da soma dos custos dos materiais, equipamentos e mão de obra utilizados, juntamente com os encargos sociais aplicáveis, equipamentos e encargos complementares, como EPIs, transporte, alimentação, ferramentas, exames médicos obrigatórios e seguros de vida em grupo.

Por outro lado, os custos indiretos são os custos associados à logística, infraestrutura e gestão necessárias para a realização da obra. Eles englobam os custos dos serviços auxiliares e de apoio à obra, incluindo a remuneração da equipe

de administração e gestão técnica da obra (engenheiros, mestres de obra, encarregados, almoxarifes, apontadores, secretárias, etc.), equipamentos não considerados nas composições de custos de serviços específicos (gruas, cremalheiras, etc.), custos com a manutenção do canteiro (água, energia, internet, suprimentos de informática, papelaria, etc.), mobilização e desmobilização de ativos considerando seus locais de origem e a localização da obra, dentre outros.

Esses custos indiretos são fundamentais para possibilitar a realização da obra, e são considerados no cálculo do orçamento total da obra. É importante que os gestores da obra estejam atentos tanto aos custos diretos quanto aos custos indiretos, para que possam garantir a viabilidade financeira da obra e evitar surpresas desagradáveis durante a execução do projeto.

6.6.2 Planilhas orçamentárias

Para o cálculo no SINAPI, foi desenvolvida no software Microsoft Office Excel uma planilha orçamentária, contendo os códigos de referência do SINAPI, a descrição dos serviços e insumos para o projeto padrão utilizado, sua unidade, coeficientes, preços unitários e totais. Os valores dos insumos e serviços com seus respectivos códigos foram obtidos a partir de tabelas do SINAPI fornecidas no site da CAIXA, do mês de março de 2023 para o estado da Paraíba. O SINAPI foi utilizado como banco de dados para o orçamento da estrutura em concreto armado.

6.6.3 Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em aço

As composições de preços unitários (CPU) realizadas para elaboração dos valores indicados na Tabela 01 se encontram no anexo deste trabalho.

Tabela 1-Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em aço (sem as CPU)

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	COEF.	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL
1	Fundação				
1.1	Escavação manual	m³	123,55	R\$ 84,26	R\$ 10.410,49
1.2	Execução de lastro de concreto de baixa resistência para sapatas	m³	12,35	R\$ 19,54	R\$ 241,32
1.3	Armação das sapatas (Aço CA 50)	kg	355,56	R\$ 12,88	R\$ 4.579,61
1.4	Concretagem das sapatas	m³	36,58	R\$ 723,97	R\$ 26.482,82
1.5	Montagem de fôrmas para concretagem dos insertes dos pilares	m²	23,40	R\$ 13,40	R\$ 313,56
1.6	Execução de reaterro	m³	100,00	R\$ 51,09	R\$ 5.109,00
SUBTOTAL					R\$ 47.136,81
2	Estrutura metálica				
2.1	Montagem de perfis metálicos	kg	41727,00	R\$ 24,49	R\$ 1.021.894,23
2.2	Transporte, içamento e montagem	t	41,72	R\$ 25,20	R\$ 1.051,34
SUBTOTAL					R\$ 1.022.945,57
3	Lajes com Steel deck, tela soldada e concreto usinado fck 25 MPa				
3.1	Montagem do steel deck	kg	614,00	R\$ 2,16	R\$ 1.326,24
3.2	Armação da laje steel deck	kg	60,61	R\$ 11,09	R\$ 672,16
3.3	Concretagem do steel deck	m³	257,50	R\$ 577,01	R\$ 148.580,08
SUBTOTAL					R\$ 150.578,48
TOTAL					R\$ 1.220.660,86

Fonte: Acervo pessoal (2023).

6.6.4 Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em concreto armado

As composições de preços unitários (CPU) realizadas para elaboração dos valores indicados na Tabela 02 se encontram no anexo deste trabalho.

Tabela 2-Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em Concreto armado (sem as CPU)

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	COEF.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
1	Fundação				
1.1	Escavação manual	m³	150,00	R\$ 84,26	R\$ 12.639,00
1.2	Execução de lastro de concreto fck 20 MPA para sapatas	m³	25,00	R\$ 19,54	R\$ 488,50
1.3	Armação das sapatas (Aço CA 50)	kg	3398,45	R\$ 12,88	R\$ 43.772,04
1.4	Concretagem das sapatas	m³	70,2	R\$ 723,97	R\$ 50.822,69
1.5	Execução de reaterro	m³	120,0	R\$ 51,09	R\$ 6.130,80
SUBTOTAL					R\$ 69.606,20
2	Estrutura				
2.1	Pilares				
2.1.1	Montagem de formas	m²	337	R\$ 269,68	R\$ 90.882,16
2.1.2	Armação dos pilares	kg	5179	R\$ 10,17	R\$ 52.670,43
2.1.3	Concretagem dos pilares	m³	33,7	R\$ 517,08	R\$ 17.425,60
SUBTOTAL					R\$ 160.978,19
2.2	Vigas				
2.2.1	Montagem de formas	m³	472,8	R\$ 269,68	R\$ 127.504,70
2.2.2	Armação das vigas	kg	4430,1	R\$ 10,17	R\$ 45.054,12
2.2.3	Concretagem das vigas	m³	46,2	R\$ 517,08	R\$ 23.889,10
SUBTOTAL					R\$ 196.447,92
2.3	Escadas				
2.3.1	Montagem de formas	m³	243,2	R\$ 269,68	R\$ 65.586,18
2.3.2	Armação das escadas	kg	5532,2	R\$ 10,17	R\$ 56.262,47
2.3.3	Concretagem das escadas	m³	41,7	R\$ 517,08	R\$ 21.562,24
SUBTOTAL					R\$ 143.410,89
3	Lajes em concreto armado				
3.1	Montagem de formas	m³	388,4	R\$ 269,68	R\$ 104.743,71
3.2	Armação das lajes	kg	2776,9	R\$ 10,17	R\$ 28.241,07
3.3	Concretagem das lajes	m³	65,7	R\$ 517,08	R\$ 33.972,16
SUBTOTAL					R\$ 166.956,94
TOTAL					R\$ 737.400,13

Fonte: Acervo pessoal (2023).

Tabela 3-Custos totais das estruturas

CUSTO TOTAL	
ESTRUTURA EM AÇO	R\$ 1.220.660,86
ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO	R\$ 737.400,13

Fonte: Acervo pessoal (2023).

7 COMPARATIVOS

Existem vantagens e desvantagens que podem variar para diferentes tipos de projetos. Assim, a definição de qual solução deva ser escolhida somente após análise criteriosa de cada projeto, conforme os resultados obtidos nos tópicos deste trabalho. Apesar disso, quando analisadas por meio de um contexto geral, as estruturas metálicas costumam apresentar as seguintes características:

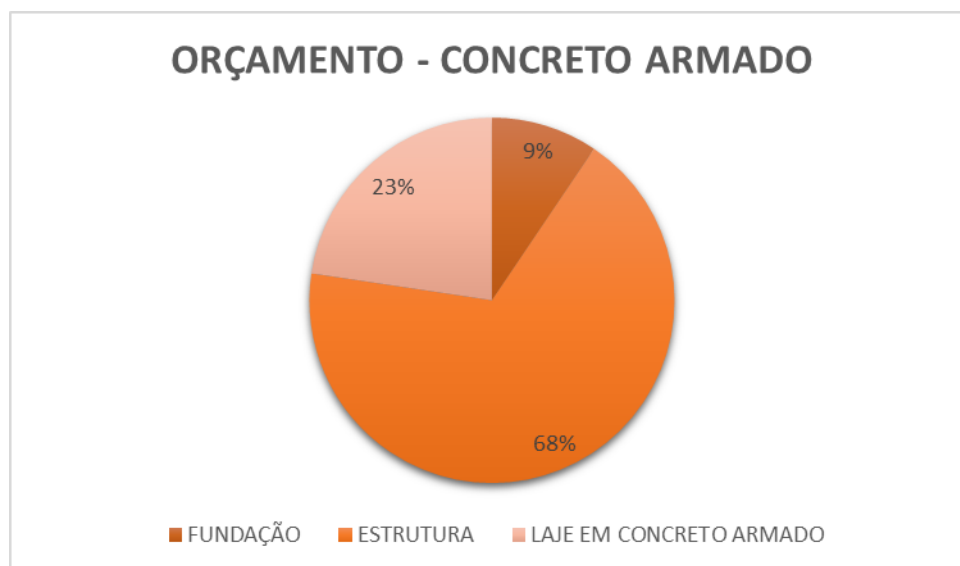
De acordo com Chaves (2007), a estrutura metálica exige conhecimento específico tanto para sua instalação (demanda uso de equipamentos como guias e guindastes) quanto para cuidados característicos com o aço (oxidação, por exemplo);

- estruturas metálicas geram cargas menores para a fundação;
- uma vez que não dependem de sistemas de forma/desforma e tempo de escoramento, apresentam menor tempo de construção;
- apresentam maior facilidade de reforço, sendo mais fáceis de ser reparadas ou modificadas;
- maior área útil;
- maior velocidade de giro do capital investido.

Em contrapartida, nos sistemas de concreto armado apresentam as características:

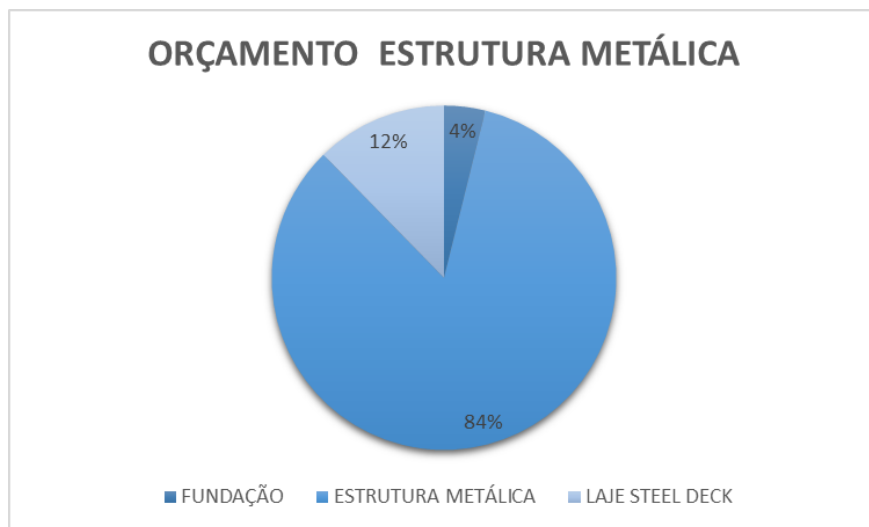
- exigem mão de obra menos especializada, o que é mais barato e acessível, sendo o concreto um material, economicamente, mais viável que o aço;
- como possuem baixa resistência e rigidez do material, necessitam de grandes seções transversais para resistir aos esforços atuantes, resultando em peças mais robustas;
- Tempo de execução das estruturas é maior.

Gráfico 1-Representação dos gastos majoritários da estrutura em concreto armado



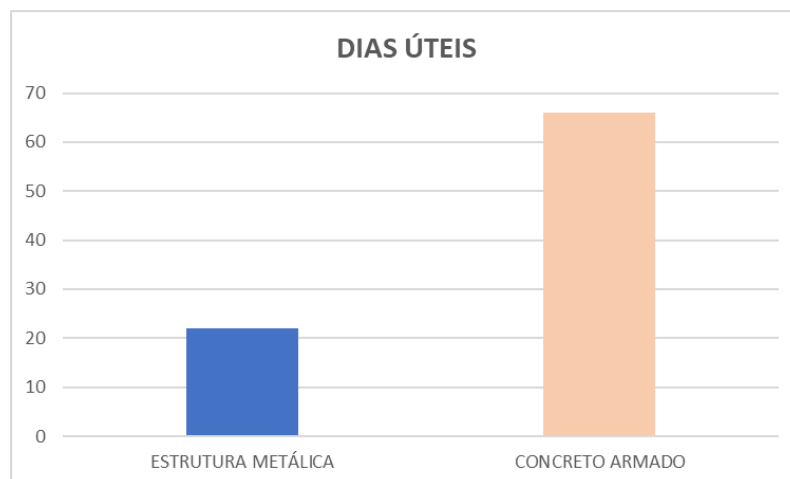
Fonte: Acervo pessoal (2023).

Gráfico 2-Representação dos gastos majoritários da estrutura em aço



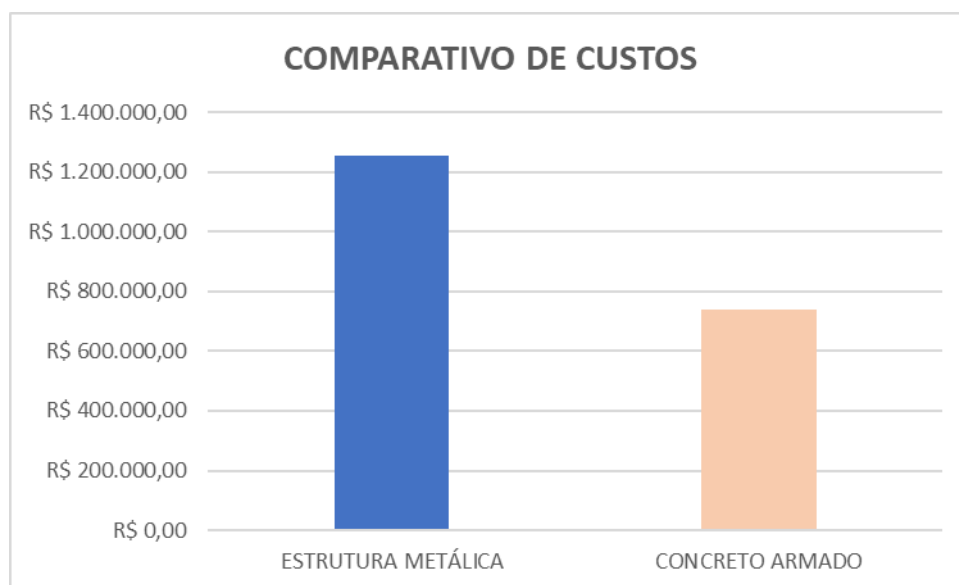
Fonte: Acervo pessoal (2023).

Gráfico 3- - Representação dos dias úteis necessários para cada método construtivo



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Gráfico 4- Representação dos custos necessários para execução de cada método construtivo



Fonte: Acervo pessoal (2023).

8 RESULTADOS

A análise realizada pela discente, em função dos parâmetros apresentados nos itens anteriores demonstrou que a seleção da estrutura metálica se enquadra melhor aos requisitos exigidos à execução da estrutura aeroportuária em estudo. Considerou-se a importância da construção rápida devido à natureza do projeto, a economia nas fundações e na mão de obra por meio de um eficiente planejamento logístico, e também a redução de desperdício de matéria-prima devido ao alto nível de industrialização do sistema.

Adicionalmente, a rapidez na execução da estrutura de aço foi um fator determinante para sua escolha. Embora exigisse mão de obra especializada, a estrutura de aço pôde ser concluída em 1/3 do tempo necessário para construir a mesma estrutura em concreto armado. Levando em conta as demandas logísticas do ambiente aeroportuário, a necessidade de resultados mais rápidos e o bem-estar

dos passageiros - considerando um tempo de construção mais curto -, a escolha do método construtivo se justifica.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo comparativo entre dois sistemas estruturais enfatizou a importância de conduzir uma análise preliminar e abrangente das variáveis envolvidas ao tomar uma decisão sobre o sistema mais adequado para cada situação exigida em projeto. Elementos como a qualidade da mão de obra, a disponibilidade de infraestrutura, a tecnologia acessível, a classe de agressividade, as distâncias a percorrer, o tipo de ocupação, o prazo de entrega e a necessidade e frequência de intervenções na manutenção são fatores cruciais que podem afetar a viabilidade ou inviabilidade de uma escolha. Dessa forma, o que pode ser viável em um local e situação específicos pode se tornar inviável em outros, não havendo uma solução única ou perfeita que se aplique a todas as situações.

Além disso, este estudo abre caminho para futuros trabalhos acadêmicos, pesquisas e investigações que podem expandir e aprofundar ainda mais nosso entendimento sobre o tema abordado. Algumas sugestões para trabalhos futuros incluem: o comparativo da vida útil das estruturas em concreto armado e em aço; Sustentabilidade na construção civil relacionada aos sistemas pré-moldados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721:Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas**. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16421: Telha-fôrma de aço colaborante para laje mista de aço e concreto - Requisitos e ensaios**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13532: Elaboração de projetos de edificações - Arquitetura**. Rio de Janeiro, 1995.

AVILA, Antônio Victorino; JUNGLES, Antônio Edésio. **Técnicas de planejamento na**

BAUER, L.A.F. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, 5a ed., 2v, 2000.

BRASIL. **Ministério da Economia. Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)**. Disponível em: [http://www.economia.gov.br/central-de-](http://www.economia.gov.br/central-de-conteudos/programas-e-acoes/programa-de-aceleracao-do-crescimento-pac)

[conteudos/programas-e-acoes/programa-de-aceleracao-do-crescimento-pac](http://www.economia.gov.br/central-de-conteudos/programas-e-acoes/programa-de-aceleracao-do-crescimento-pac).

Acesso em: 08 abr. 2023.

CARNEIRO, D. S.; SAMPAIO, F. M. **Metodologia para orçamento de obras públicas. Revista de Engenharia**, v. 27, n. 2, p. 60-67, 2018.

CARVALHO, J. F.; PINHEIRO, L. M. **Manual de patologias em estruturas de concreto: fundamentos, manifestações e recuperação**. São Paulo: PINI, 2013.

CARVALHO, Roberto Chust; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. São Paulo: PINI, 2013. V.2.

CHAVES, M. R. **Avaliação do desempenho de soluções estruturais para galpões leves**. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil) -Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007

CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza. **Estruturas de concreto armado: Fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. Brasília: Editora UnB, 2013.

FERREIRA, M. A. et al. **A importância da precisão dos quantitativos na fase de orçamentação de uma obra**. Revista Brasileira de Engenharia de Produção, v. 6, n. 3, p. 77-87, 2020.

GOLDMAN, Pedrinho. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira**. Pini, 1997.

Kopp, M., Danjou, C., Jaber, M. Y., & Yannou, B. (2021). Supply chain optimization for cost reduction and performance improvement in construction projects. Journal of Cleaner Production, 290, 125368.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras.**

Rebello, Y. G. (2007). **A concepção estrutural e a arquitetura.** São Paulo: Editora Zigurate.

SANTOS, R. L. et al. **Infraestrutura em canteiros de obras: um estudo de caso em obras de construção civil.** Revista de Engenharia Civil IMED, v. 4, n. 2, p. 56-

69, 2018. Disponível em:

<https://seer.imed.edu.br/index.php/revistaec/article/view/1885>. Acesso em: 08 abr. 2023.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.

Disponível em: < <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx> >. Acesso em: 17 de março de 2023.

Verly, E., Alves, F. T., Tavares, L. V., & Giudice, F. (2020). Infrastructural works in large construction projects: challenges, opportunities and practices. Journal

VIEIRA, Helio Flavio. **Logística aplicada à construção civil: Como melhorar o fluxo** -Editora Pini, 2006.

LEITURAS COMPLEMENTARES

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14.323:**

Dimensionamento de estruturas de aço e de estruturas mistas aço-concreto de edifícios em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14001:**

Sistemas de gestão ambiental — Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 3: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2013.

BENTZ, D. P.; PELFRENE, M. J. *Durability of Concrete.* Wiley, 2014.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção.** Brasília: MTE, 2015.

CEMPRE. **Guia prático de aproveitamento de resíduos da construção civil.** São Paulo: CEMPRE, 2011.

FONSECA, M. S. L.; FERREIRA, M. J. R.; CERQUEIRA, A. B. B. **Concepção e Dimensionamento de Ligações em Estruturas de Aço.** São Paulo: Blucher, 2014.

FRANCO, M.; PINHEIRO, C. D. **Análise da gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil e em Portugal.** *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 97-109, abr./jun. 2017.

GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. **Noções de orçamento e planejamento de obras.** São Leopoldo: UNISINOS, 2008.

KEELER, L.A.; BURKE, M. *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery.* 2ª ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2009.

SANTOS, R. L.; OLIVEIRA, L. C. **Gestão da logística de materiais em obras de construção civil**. Revista Tecnologia & Sociedade, v. 13, n. 31, p. 193-212, 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/6744>. Acesso em: 08 abr. 2023.

Soares, C. M. et al. **Utilização de softwares na elaboração de orçamentos de obras**. Rev. Eng. Civil, v. 10, n. 2, p. 45-58, maio 2023.

ANEXO A – TABELAS COM AS COMPOSIÇÕES ORÇAMENTÁRIAS

Tabela 4-Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em aço (sem as CPU)

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	COEF.	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL
1	Fundação				
1.1	Escavação manual	m³	123,55	R\$ 84,26	R\$ 10.410,49
1.1.1	Servente com encargos complementares	h	3,96	R\$ 21,30	R\$ 84,26
1.2	Execução de lastro de concreto de baixa resistência para sapatas	m³	12,35	R\$ 19,54	R\$ 241,32
1.2.1	Pedreiro com encargos complementares	h	0,19	R\$ 25,55	R\$ 4,76
1.2.2	Servente com encargos complementares	h	0,05	R\$ 21,30	R\$ 1,08
1.2.3	Concreto magro para lastro, traço 1:4,5:4,5 (em massa seca de cimento/ areia média/ brita 1) - preparo mecânico com betoneira 600 l. af_05/2021	m3	0,03	R\$ 404,49	R\$ 13,71
1.3	Armação das sapatas (Aço CA 50)	kg	355,56	R\$ 12,88	R\$ 4.579,61
1.3.1	Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	kg	0,03	R\$ 23,80	R\$ 0,60
1.3.2	Ajudante de armador com encargos complementares	h	0,02	R\$ 20,17	R\$ 0,44
1.3.3	Armador com encargos complementares	h	0,07	R\$ 25,39	R\$ 1,73
1.3.4	Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 12,5 mm. af_06/2022	kg	1,00	R\$ 10,07	R\$ 10,07
1.4	Concretagem das sapatas	m³	36,58	R\$ 723,97	R\$ 26.482,82
1.4.1	Pedreiro com encargos complementares	h	2,39	R\$ 25,55	R\$ 60,96
1.4.2	Servente com encargos complementares	h	2,45	R\$ 21,30	R\$ 52,19
1.4.3	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chp diurno. af_06/2015	chp	0,31	R\$ 1,27	R\$ 0,40
1.4.4	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chi diurno. af_06/2015	chi	0,91	R\$ 0,50	R\$ 0,46
1.4.5	Concreto fck = 30mpa, traço 1:2,1:2,5 (em massa seca de cimento/ areia média/ brita 1) - preparo mecânico com betoneira 600 l. af_05/2021	m3	1,15	R\$ 530,43	R\$ 609,99
1.5	Montagem de fôrmas para concretagem dos insertes dos pilares	m²	23,40	R\$ 13,40	R\$ 313,56
1.5.1	Carpinteiro de formas (horista)	h	0,55	R\$ 7,80	R\$ 4,25
1.5.2	Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsionada em água	l	0,02	R\$ 7,59	R\$ 0,15
1.5.3	Servente de obras	h	0,14	R\$ 5,92	R\$ 0,81
1.5.4	Encargos Complementares - Servente	h	0,14	R\$ 3,80	R\$ 0,52
1.5.5	Encargos Complementares - Carpinteiro	h	0,55	R\$ 3,67	R\$ 2,00
1.6	Execução de reaterro	m³	100,00	R\$ 51,09	R\$ 5.109,00

1.6.1	Servente com encargos complementares	h	2,40	R\$ 21,30	R\$ 51,09
SUBTOTAL					R\$ 47.136,81
2	Estrutura metálica				
2.1	Montagem de perfis metálicos	kg	41727,00	R\$ 24,49	R\$ 1.021.894,23
2.1.1	Estrutura Metálica Galpões em Pórticos - Colunas/Vigas, terças e vigas longitudinais + 2 d esmalte epóxi branco; Aço em perfis ASTM A572 grau 50; Aço em perfis ASTM A36; Aço em perfis ASTM A36 CF-30.	m2	0,08	R\$ 291,54	R\$ 23,29
2.1.2	Engenheiro supervisor com encargos sociais	mês	1,00	R\$ 22.471,75	R\$ 22.471,75
2.1.3	Auxiliar de escritório com encargos sociais	mês	1,00	R\$ 2.328,97	R\$ 2.328,97
2.1.4	Almoxarife com encargos sociais	mês	1,00	R\$ 3.017,47	R\$ 3.017,47
2.1.5	Encarregado especializado com encargos sociais	mês	1,00	R\$ 3.222,87	R\$ 3.222,87
2.1.6	Caldeireiros com encargos sociais	mês	2,00	R\$ 4.203,64	R\$ 8.407,28
2.1.7	Soldador com encargos sociais	mês	1,00	R\$ 4.203,64	R\$ 4.203,64
2.1.8	Montador de estruturas metálicas com encargos sociais	mês	2,50	R\$ 2.396,47	R\$ 5.991,18
2.1.9	Ajudante de estruturas metálicas com encargos sociais	mês	0,80	R\$ 1.693,35	R\$ 1.354,68
2.2	Transporte, içamento e montagem	t	41,72	R\$ 25,20	R\$ 1.051,34
2.2.1	Guindauto hidráulico, capacidade máxima de carga 6200 kg, momento máximo de carga 11,7 tm, alcance máximo horizontal 9,70 m, inclusive caminhão toco pbt 16.000 kg, potência de 189 cv - chp diurno. af_06/2014	chp	0,09	R\$ 258,24	R\$ 22,88
2.2.2	Guindauto hidráulico, capacidade máxima de carga 6200 kg, momento máximo de carga 11,7 tm, alcance máximo horizontal 9,70 m, inclusive caminhão toco pbt 16.000 kg, potência de 189 cv - chi diurno. af_06/2014	chi	0,04	R\$ 61,11	R\$ 2,32
SUBTOTAL					R\$ 1.022.945,57
3	Lajes com Steel deck, tela soldada e concreto usinado fck 25 MPa				
3.1	Montagem do steel deck	kg	614,00	R\$ 2,16	R\$ 1.326,24
3.1.1	Montador de estruturas metálicas com encargos sociais	mês	0,50	R\$ 2.396,47	R\$ 1.198,24
3.1.2	Ajudante de estruturas metálicas com encargos sociais	mês	0,20	R\$ 1.693,35	R\$ 338,67
3.1.3	Chapa fina em aço galvanizado para steel deck	kg	614,00	R\$ 115,00	R\$ 70.610,00
3.2	Armação da laje steel deck	kg	60,61	R\$ 11,09	R\$ 672,16
3.2.1	Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão *4,2 a 12,5* mm, cobrimento 20 mm	un	0,15	R\$ 0,22	R\$ 0,03

3.2.2	Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	kg	0,03	R\$ 23,80	R\$ 0,60
3.2.3	Ajudante de armador com encargos complementares	h	0,00	R\$ 20,17	R\$ 0,05
3.2.4	Armador com encargos complementares	h	0,01	R\$ 25,39	R\$ 0,36
3.2.5	Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 12,5 mm. af_06/2022	kg	1,00	R\$ 10,07	R\$ 10,07
3.3	Concretagem do steel deck	m³	257,50	R\$ 577,01	R\$ 148.580,08
3.3.1	Concreto autoadensável (caa) classe de resistência c25, espalhamento sf2, inclui serviço de bombeamento (nbr 15823)	m3	1,09	R\$ 517,30	R\$ 563,86
3.3.2	Pedreiro com encargos complementares	h	0,23	R\$ 25,55	R\$ 5,85
3.3.3	Servente com encargos complementares	h	0,34	R\$ 21,30	R\$ 7,33
SUBTOTAL					R\$ 150.578,48

TOTAL				R\$ 1.220.660,86
-------	--	--	--	------------------

Fonte: Acervo pessoal (2023).

Tabela 5- Composição orçamentária para execução do sistema estrutural em concreto armado incluindo as CP

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	COEF.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
1	Fundação				
1.1	Escavação manual	m³	150,00	R\$ 84,26	R\$ 12.639,00
1.1.1	Servente com encargos complementares	h	3,96	R\$ 21,30	R\$ 84,26
1.2	Execução de lastro de concreto fck 20 MPA para sapatas	m³	25,00	R\$ 19,54	R\$ 488,50
1.2.1	Pedreiro com encargos complementares	h	0,19	R\$ 25,55	R\$ 4,76
1.2.2	Servente com encargos complementares	h	0,05	R\$ 21,30	R\$ 1,08
1.2.3	Concreto magro para lastro, traço 1:4,5:4,5 (em massa seca de cimento/ areia média/ brita 1) - preparo mecânico com betoneira 600 l. af_05/2021	m3	0,03	R\$ 404,49	R\$ 13,71
1.3	Armação das sapatas (Aço CA 50)	kg	3398,45	R\$ 12,88	R\$ 43.772,04
1.3.1	Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	kg	0,03	R\$ 23,80	R\$ 0,60
1.3.2	Ajudante de armador com encargos complementares	h	0,02	R\$ 20,17	R\$ 0,44
1.3.3	Armador com encargos complementares	h	0,07	R\$ 25,39	R\$ 1,73
1.3.4	Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 12,5 mm. af_06/2022	kg	1,00	R\$ 10,07	R\$ 10,07
1.4	Concretagem das sapatas	m³	70,2	R\$ 723,97	R\$ 50.822,69
1.4.1	Pedreiro com encargos complementares	h	2,386	R\$ 25,55	R\$ 60,96
1.4.2	Servente com encargos complementares	h	2,45	R\$ 21,30	R\$ 52,19
1.4.3	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira	chp	0,314	R\$ 1,27	R\$ 0,40

	45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chp diurno. af_06/2015				
1.4.4	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chi diurno. af_06/2015	chi	0,911	R\$ 0,50	R\$ 0,46
1.4.5	Concreto fck = 30mpa, traço 1:2,1:2,5 (em massa seca de cimento/ areia média/ brita 1) - preparo mecânico com betoneira 600 l. af_05/2021	m3	1,15	R\$ 530,43	R\$ 609,99
1.5	Execução de reaterro	m³	120,0	R\$ 51,09	R\$ 6.130,80
1.5.1	Servente com encargos complementares	h	2,3986	R\$ 21,30	R\$ 51,09
SUBTOTAL				R\$ 69.606,20	
2	Estrutura				
2.1	Pilares				
2.1.1	Montagem de formas	m²	337	R\$ 269,68	R\$ 90.882,16
2.1.1.1	Madeira mista serrada (barrote) 6 x 6cm - 0,0036 m3/m (angelim, louro)	m	1,2	R\$ 9,89	R\$ 11,87
2.1.1.2	Carpinteiro de formas (horista)	h	2,1	R\$ 7,80	R\$ 16,38
2.1.1.3	Chapa/painel de madeira compensada plastificada (madeirite plastificado) para forma de concreto, de 2200 x 1100 mm, e =10 mm	m²	1,1	R\$ 52,00	R\$ 57,20
2.1.1.4	Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsionada em água	l	0,015	R\$ 7,59	R\$ 0,11
2.1.1.5	Sarrafo *2,5 x 10* cm em pinus, mista ou equivalente da região - bruta	m	3	R\$ 5,96	R\$ 17,88
2.1.1.6	Prego de aço polido com cabeça 16 x 24 (2 1/4 x 12)	kg	0,4	R\$ 20,96	R\$ 8,38
2.1.1.7	Servente de obras	h	2,1	R\$ 5,92	R\$ 12,43
2.1.1.8	Tabua não aparelhada *2,5 x 30* cm, em maçaranduba, angelim ou equivalente da região - bruta	m	3,3	R\$ 28,46	R\$ 93,92
2.1.1.9	Arame galvanizado 12 bwg, d = 2,76 mm (0,048 kg/m) ou 14 bwg, d = 2,11 mm (0,026 kg/m)	kg	0,15	R\$ 23,80	R\$ 3,57
2.1.1.10	Encargos Complementares - Servente	h	2,1	R\$ 3,80	R\$ 7,98
2.1.1.11	Encargos Complementares - Carpinteiro	h	2,1	R\$ 3,67	R\$ 7,71
2.1.2	Armação dos pilares	kg	5179	R\$ 10,17	R\$ 52.670,43
2.1.2.1	Aço ca-50, 12,5 mm ou 16,0 mm, vergalhão	kg	1	R\$ 8,96	R\$ 8,96
2.1.2.2	Ajudante de armador com encargos complementares	h	0,0209	R\$ 20,17	R\$ 0,42
2.1.2.3	Armador com encargos complementares	h	0,0313	R\$ 25,39	R\$ 0,79
2.1.3	Concretagem dos pilares	m³	33,7	R\$ 517,08	R\$ 17.425,60
2.1.3.1	Concreto usinado bombeável, classe de resistência c25, com brita 0 e 1, slump = 190 +/- 20 mm, exclui serviço de bombeamento (nbr 8953)	m³	1,09	R\$ 517,08	R\$ 563,62

2.1.3 .2	Carpinteiro de formas com encargos complementares	h	0,126	R\$ 25,21	R\$ 3,18
2.1.3 .3	Pedreiro com encargos complementares	h	0,505	R\$ 25,55	R\$ 12,90
2.1.3 .4	Servente com encargos complementares	h	0,568	R\$ 21,30	R\$ 12,10
2.1.3 .5	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chp diurno. af_06/2015	chp	0,061	R\$ 1,27	R\$ 0,08
2.1.3 .6	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chi diurno. af_06/2015	chi	0,065	R\$ 0,50	R\$ 0,03
SUBTOTAL					R\$ 160.978,19
2.2	Vigas				
2.2.1	Montagem de formas	m³	472,8	R\$ 269,68	R\$ 127.504,70
2.2.1 .1	Madeira mista serrada (barrote) 6 x 6cm - 0,0036 m³/m (angelim, louro)	m	1,2	R\$ 9,89	R\$ 11,87
2.2.1 .2	Carpinteiro de formas (horista)	h	2,1	R\$ 7,80	R\$ 16,38
2.2.1 .3	Chapa/painel de madeira compensada plastificada (madeirite plastificado) para forma de concreto, de 2200 x 1100 mm, e =10 mm	m²	1,1	R\$ 52,00	R\$ 57,20
2.2.1 .4	Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsionada em água	l	0,015	R\$ 7,59	R\$ 0,11
2.2.1 .5	Sarrafo *2,5 x 10* cm em pinus, mista ou equivalente da região - bruta	m	3	R\$ 5,96	R\$ 17,88
2.2.1 .6	Prego de aço polido com cabeça 16 x 24 (2 1/4 x 12)	kg	0,4	R\$ 20,96	R\$ 8,38
2.2.1 .7	Servente de obras	h	2,1	R\$ 5,92	R\$ 12,43
2.2.1 .8	Tabua não aparelhada *2,5 x 30* cm, em maçaranduba, angelim ou equivalente da região - bruta	m	3,3	R\$ 28,46	R\$ 93,92
2.2.1 .9	Arame galvanizado 12 bwg, d = 2,76 mm (0,048 kg/m) ou 14 bwg, d = 2,11 mm (0,026 kg/m)	kg	0,15	R\$ 23,80	R\$ 3,57
2.2.1 .10	Encargos Complementares - Servente	h	2,1	R\$ 3,80	R\$ 7,98
2.2.1 .11	Encargos Complementares - Carpinteiro	h	2,1	R\$ 3,67	R\$ 7,71
2.2.2	Armação das vigas	kg	4430,1	R\$ 10,17	R\$ 45.054,12
2.2.2 .1	Aço ca-50, 12,5 mm ou 16,0 mm, vergalhão	kg	1	R\$ 8,96	R\$ 8,96
2.2.2 .2	Ajudante de armador com encargos complementares	h	0,0209	R\$ 20,17	R\$ 0,42
2.2.2 .3	Armador com encargos complementares	h	0,0313	R\$ 25,39	R\$ 0,79
2.2.3	Concretagem das vigas	m³	46,2	R\$ 517,08	R\$ 23.889,10
2.2.3 .1	Concreto usinado bombeável, classe de resistência c25, com brita 0 e 1, slump = 190 +/- 20 mm, exclui serviço de bombeamento (nbr 8953)	m³	1,09	R\$ 517,08	R\$ 563,62

2.2.3 .2	Carpinteiro de formas com encargos complementares	h	0,126	R\$ 25,21	R\$ 3,18
2.2.3 .3	Pedreiro com encargos complementares	h	0,505	R\$ 25,55	R\$ 12,90
2.2.3 .4	Servente com encargos complementares	h	0,568	R\$ 21,30	R\$ 12,10
2.2.3 .5	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chp diurno. af_06/2015	chp	0,061	R\$ 1,27	R\$ 0,08
2.2.3 .6	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chi diurno. af_06/2015	chi	0,065	R\$ 0,50	R\$ 0,03
SUBTOTAL					R\$ 196.447,92
2.3	Escadas				
2.3.1	Montagem de formas	m³	243,2	R\$ 269,68	R\$ 65.586,18
2.3.1 .1	Madeira mista serrada (barrote) 6 x 6cm - 0,0036 m³/m (angelim, louro)	m	1,2	R\$ 9,89	R\$ 11,87
2.3.1 .2	Carpinteiro de formas (horista)	h	2,1	R\$ 7,80	R\$ 16,38
2.3.1 .3	Chapa/painel de madeira compensada plastificada (madeirite plastificado) para forma de concreto, de 2200 x 1100 mm, e = 10 mm	m²	1,1	R\$ 52,00	R\$ 57,20
2.3.1 .4	Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsionada em água	l	0,015	R\$ 7,59	R\$ 0,11
2.3.1 .5	Sarrafo *2,5 x 10* cm em pinus, mista ou equivalente da região - bruta	m	3	R\$ 5,96	R\$ 17,88
2.3.1 .6	Prego de aço polido com cabeça 16 x 24 (2 1/4 x 12)	kg	0,4	R\$ 20,96	R\$ 8,38
2.3.1 .7	Servente de obras	h	2,1	R\$ 5,92	R\$ 12,43
2.3.1 .8	Tabua não aparelhada *2,5 x 30* cm, em maçaranduba, angelim ou equivalente da região - bruta	m	3,3	R\$ 28,46	R\$ 93,92
2.3.1 .9	Arame galvanizado 12 bwg, d = 2,76 mm (0,048 kg/m) ou 14 bwg, d = 2,11 mm (0,026 kg/m)	kg	0,15	R\$ 23,80	R\$ 3,57
2.3.1 .10	Encargos Complementares - Servente	h	2,1	R\$ 3,80	R\$ 7,98
2.3.1 .11	Encargos Complementares - Carpinteiro	h	2,1	R\$ 3,67	R\$ 7,71
2.3.2	Armação das escadas	kg	5532,2	R\$ 10,17	R\$ 56.262,47
2.3.2 .1	Aço ca-50, 12,5 mm ou 16,0 mm, vergalhão	kg	1	R\$ 8,96	R\$ 8,96
2.3.2 .2	Ajudante de armador com encargos complementares	h	0,0209	R\$ 20,17	R\$ 0,42
2.3.2 .3	Armador com encargos complementares	h	0,0313	R\$ 25,39	R\$ 0,79
2.3.3	Concretagem das escadas	m³	41,7	R\$ 517,08	R\$ 21.562,24
2.3.3 .1	Concreto usinado bombeável, classe de resistência c25, com brita 0 e 1, slump = 190 +/- 20 mm, exclui serviço de bombeamento (nbr 8953)	m³	1,09	R\$ 517,08	R\$ 563,62

2.3.3.2	Carpinteiro de formas com encargos complementares	h	0,126	R\$ 25,21	R\$ 3,18
2.3.3.3	Pedreiro com encargos complementares	h	0,505	R\$ 25,55	R\$ 12,90
2.3.3.4	Servente com encargos complementares	h	0,568	R\$ 21,30	R\$ 12,10
2.3.3.5	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chp diurno. af_06/2015	chp	0,061	R\$ 1,27	R\$ 0,08
2.3.3.6	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chi diurno. af_06/2015	chi	0,065	R\$ 0,50	R\$ 0,03
SUBTOTAL					R\$ 143.410,89
3	Lajes				
3.1	Montagem de formas	m³	388,4	R\$ 269,68	R\$ 104.743,71
2.4.1.1	Madeira mista serrada (barrote) 6 x 6cm - 0,0036 m3/m (angelim, louro)	m	1,2	R\$ 9,89	R\$ 11,87
2.4.1.2	Carpinteiro de formas (horista)	h	2,1	R\$ 7,80	R\$ 16,38
2.4.1.3	Chapa/painel de madeira compensada plastificada (madeirite plastificado) para forma de concreto, de 2200 x 1100 mm, e = 10 mm	m²	1,1	R\$ 52,00	R\$ 57,20
2.4.1.4	Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsionada em água	l	0,015	R\$ 7,59	R\$ 0,11
2.4.1.5	Sarrafo *2,5 x 10* cm em pinus, mista ou equivalente da região - bruta	m	3	R\$ 5,96	R\$ 17,88
2.4.1.6	Prego de aço polido com cabeça 16 x 24 (2 1/4 x 12)	kg	0,4	R\$ 20,96	R\$ 8,38
2.4.1.7	Servente de obras	h	2,1	R\$ 5,92	R\$ 12,43
2.4.1.8	Tabua não aparelhada *2,5 x 30* cm, em maçaranduba, angelim ou equivalente da região - bruta	m	3,3	R\$ 28,46	R\$ 93,92
2.4.1.9	Arame galvanizado 12 bwg, d = 2,76 mm (0,048 kg/m) ou 14 bwg, d = 2,11 mm (0,026 kg/m)	kg	0,15	R\$ 23,80	R\$ 3,57
2.4.1.10	Encargos Complementares - Servente	h	2,1	R\$ 3,80	R\$ 7,98
2.4.1.11	Encargos Complementares - Carpinteiro	h	2,1	R\$ 3,67	R\$ 7,71
3.2	Armação das lajes	kg	2776,9	R\$ 10,17	R\$ 28.241,07
2.4.2.1	Aço ca-50, 12,5 mm ou 16,0 mm, vergalhão	kg	1	R\$ 8,96	R\$ 8,96
2.4.2.2	Ajudante de armador com encargos complementares	h	0,0209	R\$ 20,17	R\$ 0,42
2.4.2.3	Armador com encargos complementares	h	0,0313	R\$ 25,39	R\$ 0,79
3.3	Concretagem das lajes	m³	65,7	R\$ 517,08	R\$ 33.972,16
2.4.3.1	Concreto usinado bombeável, classe de resistência c25, com brita 0 e 1, slump = 190 +/- 20 mm, exclui serviço de bombeamento (nbr 8953)	m3	1,09	R\$ 517,08	R\$ 563,62

2.4.3 .2	Carpinteiro de formas com encargos complementares	h	0,126	R\$ 25,21	R\$ 3,18
2.4.3 .3	Pedreiro com encargos complementares	h	0,505	R\$ 25,55	R\$ 12,90
2.4.3 .4	Servente com encargos complementares	h	0,568	R\$ 21,30	R\$ 12,10
2.4.3 .5	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chp diurno. af_06/2015	chp	0,061	R\$ 1,27	R\$ 0,08
2.4.3 .6	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chi diurno. af_06/2015	chi	0,065	R\$ 0,50	R\$ 0,03
SUBTOTAL					R\$ 166.956,94
TOTAL					R\$ 737.400,13

Fonte: Acervo pessoal (2023).

ANEXO B – IMAGENS COMPLEMENTARES

Figura 23- Utilização de Georadar para verificar a existência de tubulações existentes



Fonte: Acervo pessoal (2022).

Figura 24- Escavação de sapatas



Fonte: Acervo pessoal (2022).

Figura 25- Concretagem de sapata



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 26- Concretagem de sapatas



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 27- Concretagem dos pescoços das sapatas



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 28- Reaterro de sapata



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 29- Reaterro de sapata



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 30- Montagem de pilares e vigas metálicas



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 31- Montagem de estrutura metálica



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 32-Montagem de estrutura metálica



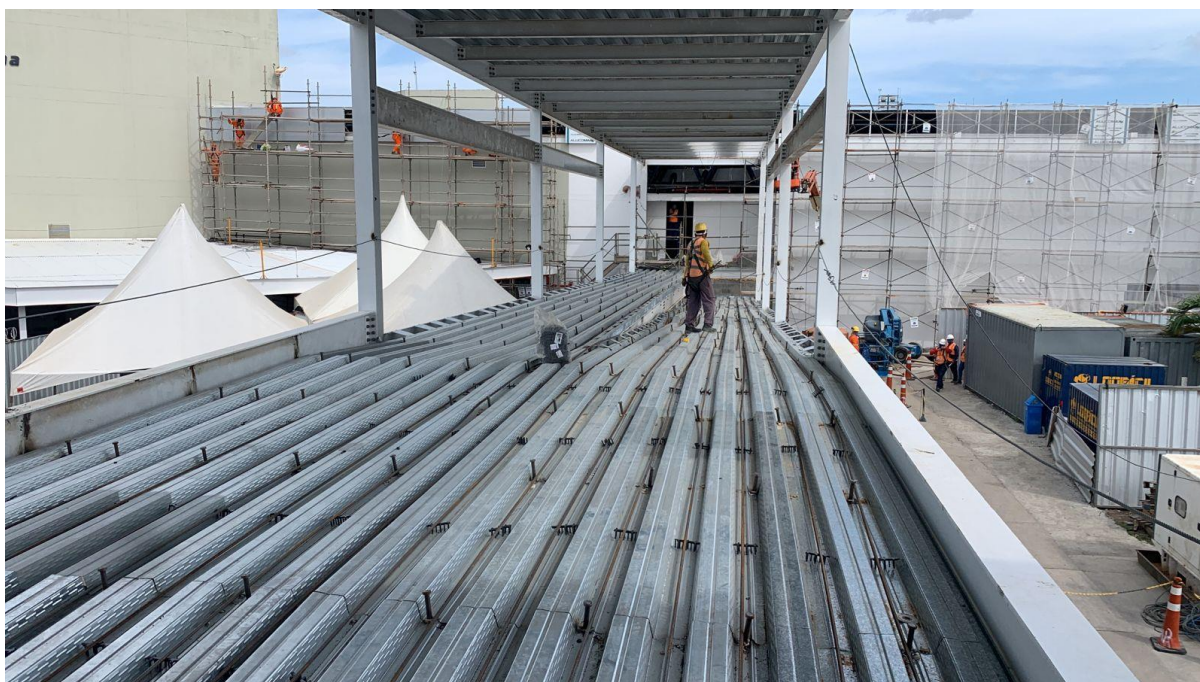
Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 33- Montagem da laje Steel deck



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 34- Montagem da laje Steel deck



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 35- Concretagem da laje Steel deck



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 36- Concretagem da laje Steel deck



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 37- Elevação de alvenaria externa da Ponte de Embarque



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 38- Elevação de alvenaria externa da Ponte de Embarque



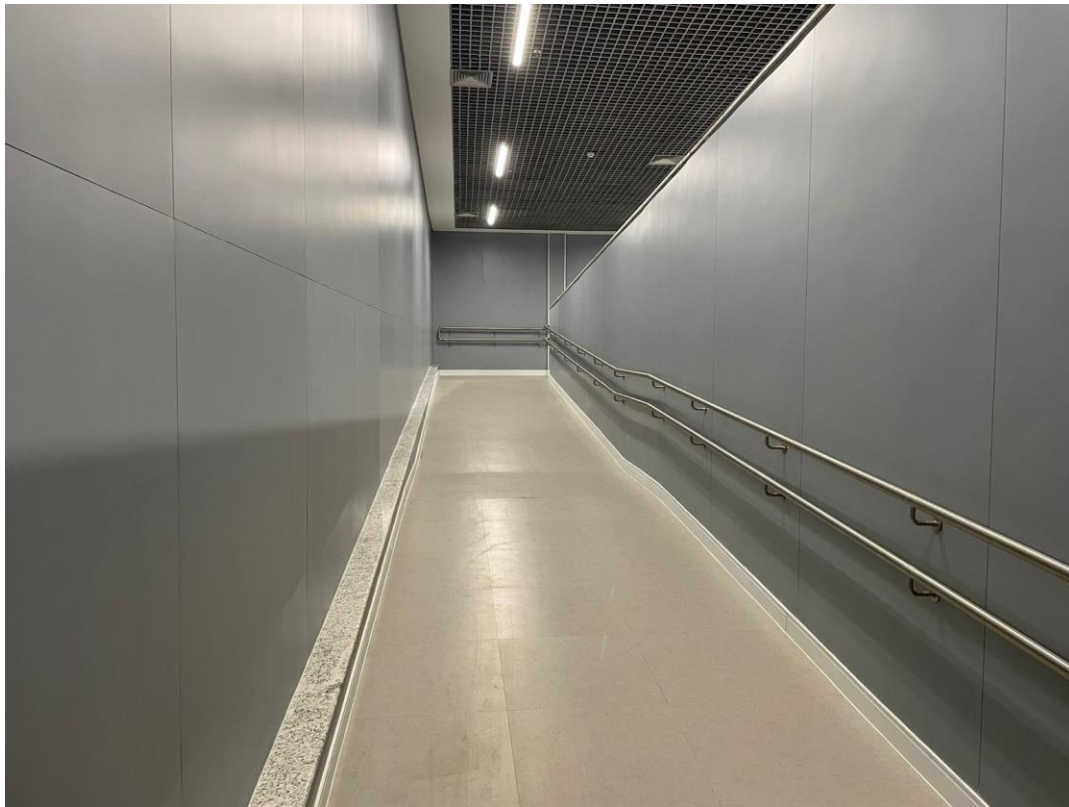
Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 39-Elevação de alvenaria externa da Ponte de Embarque



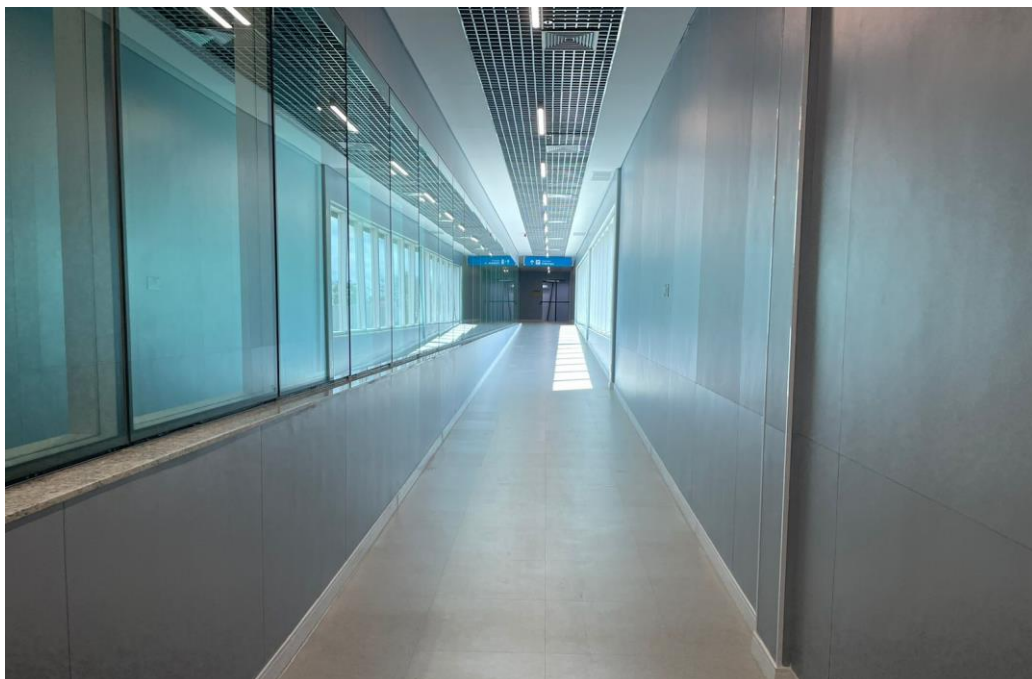
Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 40- Rampa da ponte de embarque - visão interna



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Figura 41- Ponte de embarque - visão interna



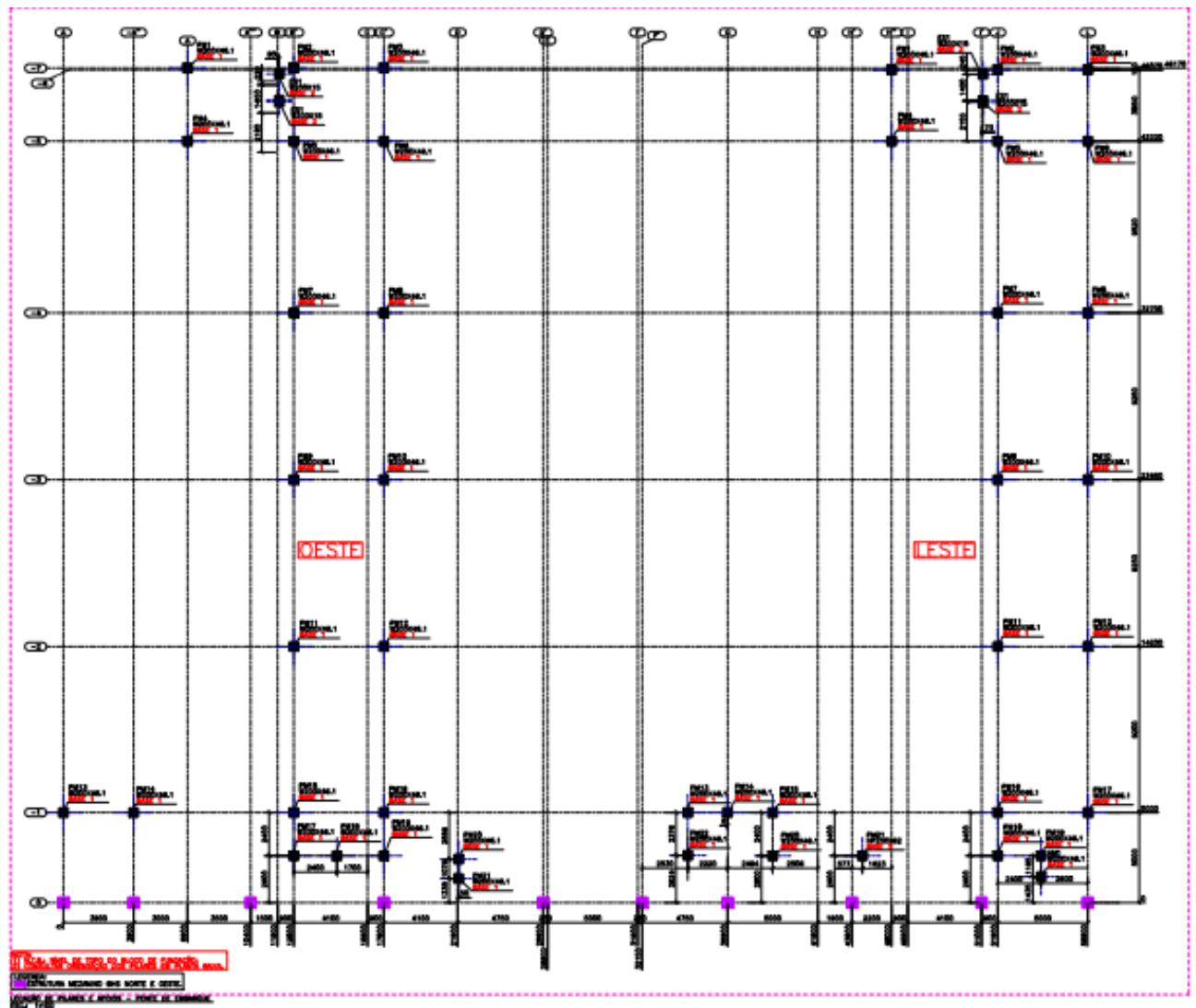
Fonte: Acervo pessoal (2023).

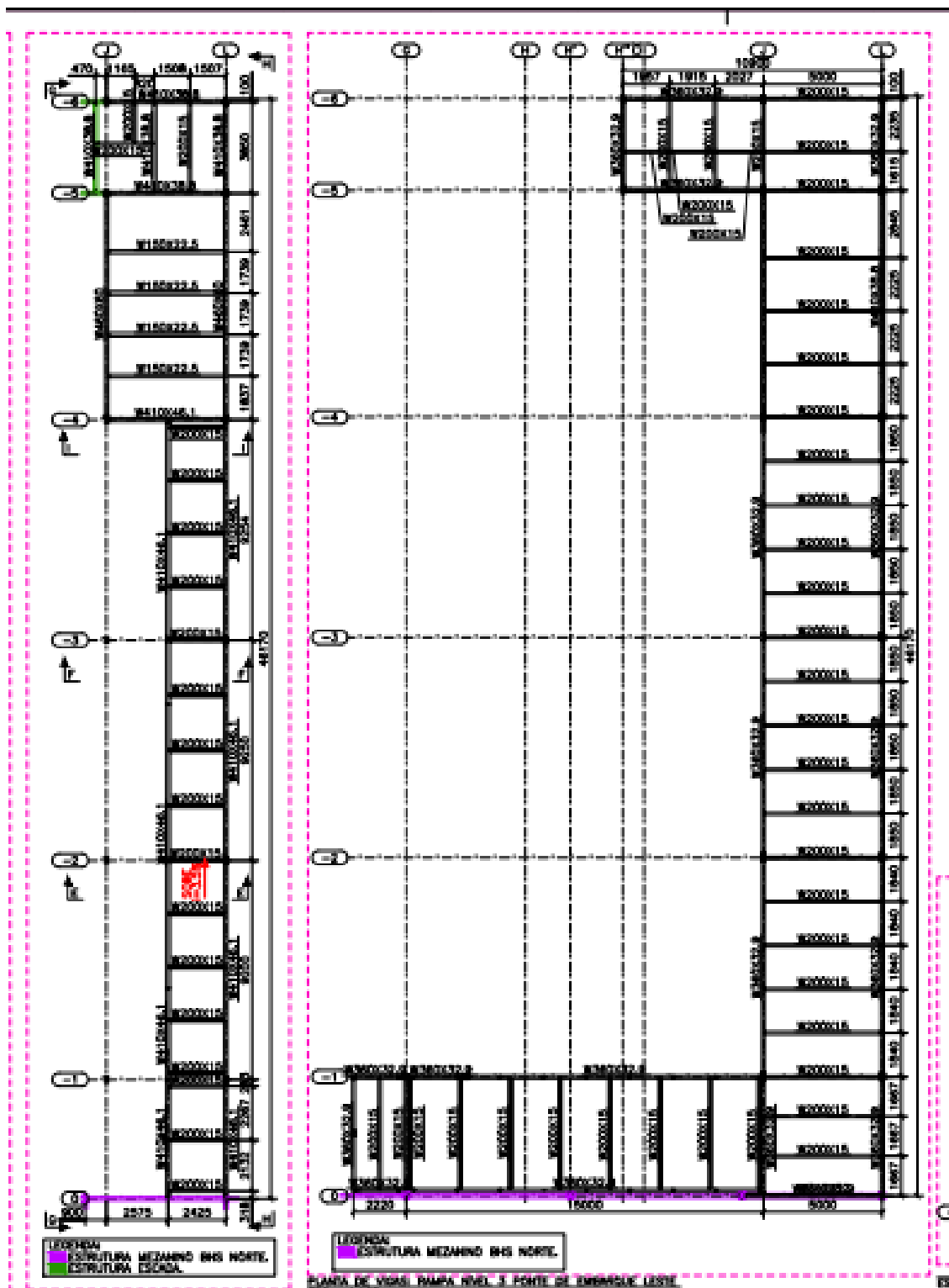
Figura 42- Ponte de embarque e Finger - visão externa



Fonte: Acervo pessoal (2023).

ANEXO C – PROJETO BASE ESTRUTURA METÁLICA





ANEXO D – CRONOGRAMAS FÍSICOS E FINANCEIROS

Tabela 6- Cronograma físico - Estrutura metálica

CRONOGRAMA FÍSICO - PLANEJAMENTO MENSAL - ESTRUTURA METÁLICA																								
			Dias úteis																					
item	Serviços	unid.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1.1	Escavação manual	m³	40	50	33																			
1.2	Lastro de concreto das sapatas	m³		10	7,8																			
1.3	Armação de sapatas	kg			220	240	300	350	295	244														
1.4	Concretagem das sapatas	m³				8	12	10	15	10	5,6													
1.5	Montagem de fôrmas para concretagem dos insertos dos pilares	m²								18	27	24												
1.6	Execução de reaterro	m³										35	45	40										
2.1	Transporte, içamento e montagem	t										5,3	6,4	9	8,5	7,7	4,8							
2.2	Montagem de perfis metálicos	kg										420	500	750	653	700	650	350	150					
3.1	Montagem do steeldeck	kg												95	105	98	125	85	74	32				
3.2	Armação da laje steeldeck	kg													8	12	10	9	8	7	6,6			
3.3	Concretagem do steeldeck	m³														25	29	27	39	38	25	23	25	27

Fonte: Acervo pessoal (2023).

Tabela 7- Cronograma físico - Estrutura em Concreto armado - parte 1

CRONOGRAMA FÍSICO - PLANEJAMENTO - CONCRETO ARMADO																	
Item	Serviços	unidade	Dias úteis														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.1	Escavação manual	m³	20	35	45	30	20										
1.2	Execução de lastro de concreto	m²		5	4	6	7	3									
1.3	Armação de sapatas	kg			190	270	230	329	380	340	390	300	310	240	220	200	
1.4	Concretagem das sapatas	m³									8	7	8	9,2	11	5	4
1.5	Execução de reaterro	m³															25
2.1	Execução de formas dos pilares	m²															
2.2	Execução de armação dos pilares	m³															
2.3	Execução de concretagem dos pilares	m³															
3.1	Execução de formas das vigas	m²															
3.2	Execução de armação das vigas	m³															
3.3	Execução de concretagem das vigas	m³															
4.1	Execução de formas da laje	m²															
4.2	Execução de armação da laje	m³															
4.3	Execução de concretagem da laje	m³															
5.1	Execução de formas da escada	m²															
5.2	Execução de armação da escada	m³															
5.3	Execução de concretagem da escada	m³															

Fonte: Acervo pessoal (2023).

Tabela 8-Cronograma Físico- Estrutura em Concreto armado - parte 2

CRONOGRAMA FÍSICO - PLANEJAMENTO - CONCRETO ARMADO																				
Dias úteis																				
item	unidade	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1.1	m³																			
1.2	m³																			
1.3	kg																			
1.4	m³	8	10																	
1.5	m³	20	30	31	14															
2.1	m³					55	69	82	75	56										
2.2	m³							490	520	600	580	490	480	530	510	500	479	8	7	6,7
2.3	m³																			
3.1	m³																			
3.2	m³																			
3.3	m³																			
4.1	m²																			
4.2	m²																			
4.3	m²																			
5.1	m²																			
5.2	m³																			
5.3	m³																			

Fonte: Acervo pessoal (2023).

Tabela 9-Cronograma físico - Estrutura em Concreto armado - parte 3

CRONOGRAMA FÍSICO - PLANEJAMENTO - CONCRETO ARMADO																				
Dias úteis																				
item	unidade	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
1.1	m³																			
1.2	m³																			
1.3	kg																			
1.4	m³																			
1.5	m³																			
2.1	m²																			
2.2	m²																			
2.3	m³																			
3.1	m³	72	75	90	80	78,8	77													
3.2	m³				580,1	650	690	730	700	680	400									
3.3	m³									10	13,2	15	8							
4.1	m²													75						
4.2	m²														98,4	120	95			
4.3	m²														480	550	600			
5.1	m³																	580	566,9	
5.2	m³																	22	24	19,7
5.3	m³																			

Fonte: Acervo pessoal (2023).

Tabela 10- Cronograma Físico- Estrutura em Concreto armado - parte 4

CRONOGRAMA FÍSICO - PLANEJAMENTO - CONCRETO ARMADO														
Item	Dias úteis unidade	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
1.1	m³													
1.2	m³													
1.3	kg													
1.4	m³													
1.5	m³													
2.1	m²													
2.2	m²													
2.3	m³													
3.1	m²													
3.2	m³													
3.3	m³													
4.1	m²													
4.2	m³													
4.3	m³													
5.1	m²	55,2	75	60	53									
5.2	m³			600	700	760	800	760	670	642,2	600			
5.3	m³										9	11	12	9,7

Fonte: Acervo pessoal (2023).