

Tema: Estruturas de aço e mistas de aço e concreto.

UTILIZAÇÃO DE PILARES EXISTENTES PARA CRIAÇÃO DE PASSARELA EM SHOPPING DE BRASÍLIA

PANTOJA, João da Costa¹
SABINO, Mariana de Almeida²
NARVAEZ, Nathaly Sarasty³
MATOS, Rafael Carrijo⁴

Resumo

O objetivo deste artigo é apresentar as modificações estruturais necessárias para executar o projeto de uma passarela no Boulevard Shopping, em Brasília, utilizando pilares existentes como apoio para a estrutura. Trata-se de um edifício comercial de dois pavimentos com lojas em sua periferia e um vão central entre os corredores, vão este que deve ser vencido pela passarela metálica. Para a execução do projeto da passarela, foram utilizados os perfis metálicos existentes (utilizados como pilares) de apoio das escadas rolantes entre o primeiro e o segundo piso. Como solução para o projeto estrutural desta passarela foi realizado o reforço e prolongamento dos perfis metálicos, que eram utilizados inicialmente como apoio das escadas rolantes, modificando-os para estrutura mista. Foi dada atenção especial à necessidade de impedir a rotação da passarela uma vez que era apoiada apenas pelo centro do tabuleiro, para isso, foi utilizada uma estrutura de pórtico com dois perfis metálicos paralelos de forma a combater os esforços de torção. Também foi observado um aumento na capacidade resistente, em situações de incêndio, dos pilares mistos com relação ao projeto original.

Palavras-chave: passarela; estrutura; metálica.

THE USE OF EXISTING STEEL COLUMNS TO CREATE A FOOTBRIDGE IN A BRASÍLIA'S MALL.

Abstract

The main objective of this article is to present the structural modifications needed to execute the project of a footbridge in the Boulevard Shopping, in Brasilia, using the existing columns as support for the new structure. The edifice is a two-story commercial building, with stores in its periphery and a central empty space between two passageways, where the steel footbridge will be built. To execute the project of the footbridge, the existing steel profiles were utilized (as columns) to support the escalators between the first and the second floor. The steel profiles, which were firstly used as support for the escalators, were extended, modifying them to a mixed structure. A special attention was given to the requirement of stopping the rotation of the footbridge, since it was supported just by the center of the deck,

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.



so two parallel steel profiles were used to prevent the torsion efforts from occurring. There was verified an increase in the endurance in fire situations of the mixed columns compared to the original project.

Keywords: footbridge; structure; steel.

¹ Engenharia Civil, DSc, Professor, Departamento de Tecnologia da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

² Engenharia Civil, Bacharel, Faculdade De Tecnologia E Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

³ Engenharia Civil, MSc, Professora , Faculdade De Tecnologia E Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

⁴ Engenharia Civil, Bacharel, Faculdade De Tecnologia E Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Aços de maiores resistência passaram a ser utilizados no Brasil em maior escala a partir de 1950. As estruturas de grande porte e mais modernas, incorporaram aços de diversas categorias, colocando materiais mais resistentes nos pontos de maiores tensões. (PFEIL et al., 2011)

Reforma e reforço de estruturas são práticas cada dia mais comum na engenharia, tanto pela necessidade de restabelecer a eficiência da estrutura original como para melhorar o desempenho da edificação atual, afim de que atenda novas demandas funcionais. As estruturas metálicas tem sido uma alternativa eficiente muito utilizada quando se trata de reforço estrutural, principalmente pela rapidez de execução e organização do canteiro de obras. +

Podemos citar algumas vantagens da utilização de estruturas metálicas: alta resistência em relação a outros materiais, material homogêneo e de produção controlada, estruturas produzidas em fábricas e por processos industrializados seriados, cuja produção em escala favorece menores prazos e menores custos, os elementos das estruturas podem ser desmontados e facilmente substituídos. Também se permitem reforçar quando necessário com menor prazo de execução em comparação com outros materiais. (BELLEI et al., 2004)

Também temos algumas desvantagens que foram levadas em consideração para decidir o melhor método construtivo no presente estudo de caso. Segundo Pinheiro (2001) devemos considerar a necessidade de mão de obra e equipamentos especializados para fabricação e montagem, necessidade de tratamento superficial das peças contra oxidação devido ao contato com ar atmosférico e o transporte da fábrica até o local de sua montagem final.

No Boulevard Shopping foi identificada a necessidade de construção de uma passarela, ligando corredores, para facilitar o trânsito de consumidores dentro do empreendimento. Por se tratar de uma edificação existente e ativa, de acesso ao público, havia necessidade de rapidez e organização na execução do reforço, daí surgiu a necessidade de saber qual seria a estrutura mais adequada para atender às restrições do shopping, e foi feita opção pela utilização de estrutura metálica. Esse estudo procura mostrar uma solução de engenharia criativa para atender as particularidades desse projeto.

Para a execução do reforço metálico na passarela a ser construída, foi dada grande atenção para a amplificação dos esforços solicitantes nos perfis já existentes e o tipo de ligação que será realizado de forma a evitar que a estrutura fique demasiada flexível ou até mesmo instável.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

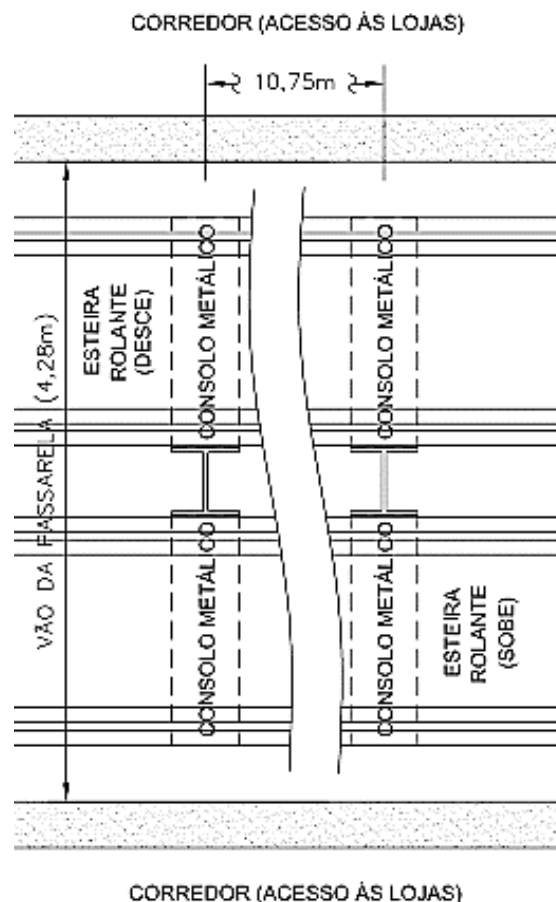
Apresenta-se neste tópico a sequência e metodologia para a execução do projeto estrutural da passarela interna do Boulevard Shopping.

Para facilitar a compreensão o processo de execução do projeto será dividido em apresentação da estrutura original, fundação, reforço e prolongamento dos pilares, execução dos apoios para tabuleiro da passarela e estrutura do tabuleiro.

2.1 Apresentação da estrutura original

A estrutura original é composta por dois pilares em perfil metálico CS 450x280 Kgf/m espaçados em 10,75 m e apoiados em fundação composta por um tubulão com diâmetro e profundidade aproximados de 70 cm e 10 m, respectivamente. As escadas rolantes estão apoiadas nestes pilares através de consolos metálicos criados nas duas direções. As localizações dos perfis e escadas rolantes estão apresentadas na Figura 1 a seguir.

Figura 1: Posicionamento dos elementos existentes



Fonte: Arquivo pessoal

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

Os pilares apresentavam comprimento inicial de aproximadamente 10 m e se encontravam no meio do vão de 4,28 m que deveria ser vencido pela passarela. Podemos observar na Figura 2 a seguir uma foto dos pilares existentes.

Figura 2: Foto dos pilares existentes.



Fonte: Arquivo pessoal

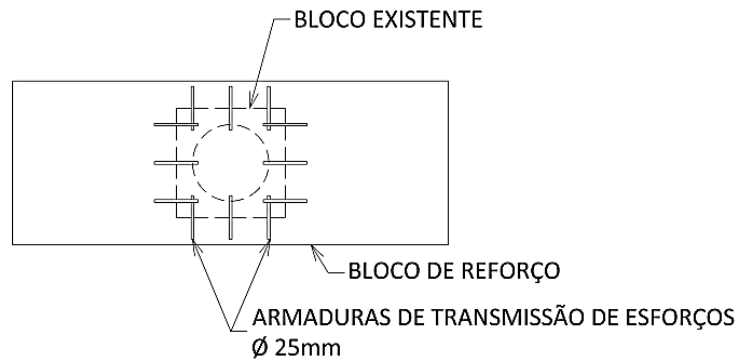
2.2 Reforço das estruturas existentes

Após a definição do sistema estrutural que seria utilizado foi realizado o levantamento da amplificação das cargas que atingiriam as fundações e, constatou-se a necessidade da realização de mais dois tubulões para estabilização dos carregamentos externos atuantes.

Tendo em vista a necessidade de realizar a transmissão de esforços do bloco antigo para o novo, foi realizada a instalação de barras com diâmetro de 25 mm na direção horizontal nas quatro faces do mesmo conforme a Figura 3. Estas barras possuem comprimento de 40 cm com 20 cm introduzidos no bloco existente.

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

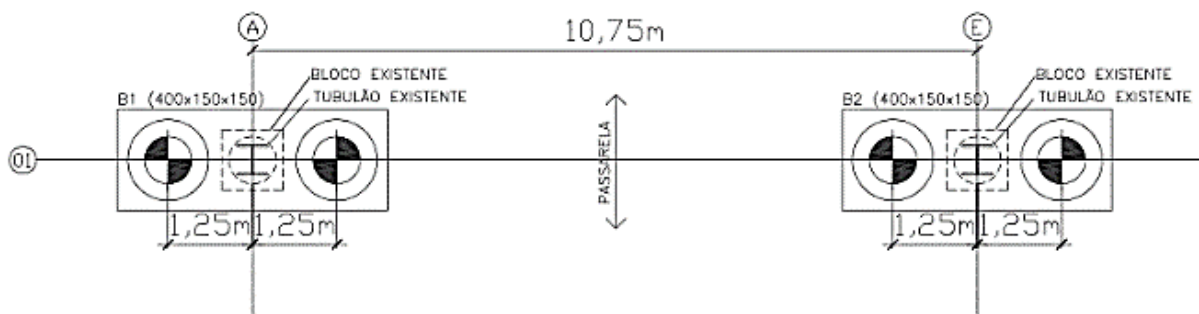
Figura 3: Esquema de reforço das fundações (vista superior)



Fonte: Arquivo pessoal

A execução do reforço do bloco de fundação foi realizada com um bloco de dois tubulões englobando o bloco existente, formando assim um bloco com três tubulões em linha conforme Figura 4.

Figura 4: Esquema de localização das fundações (vista superior)

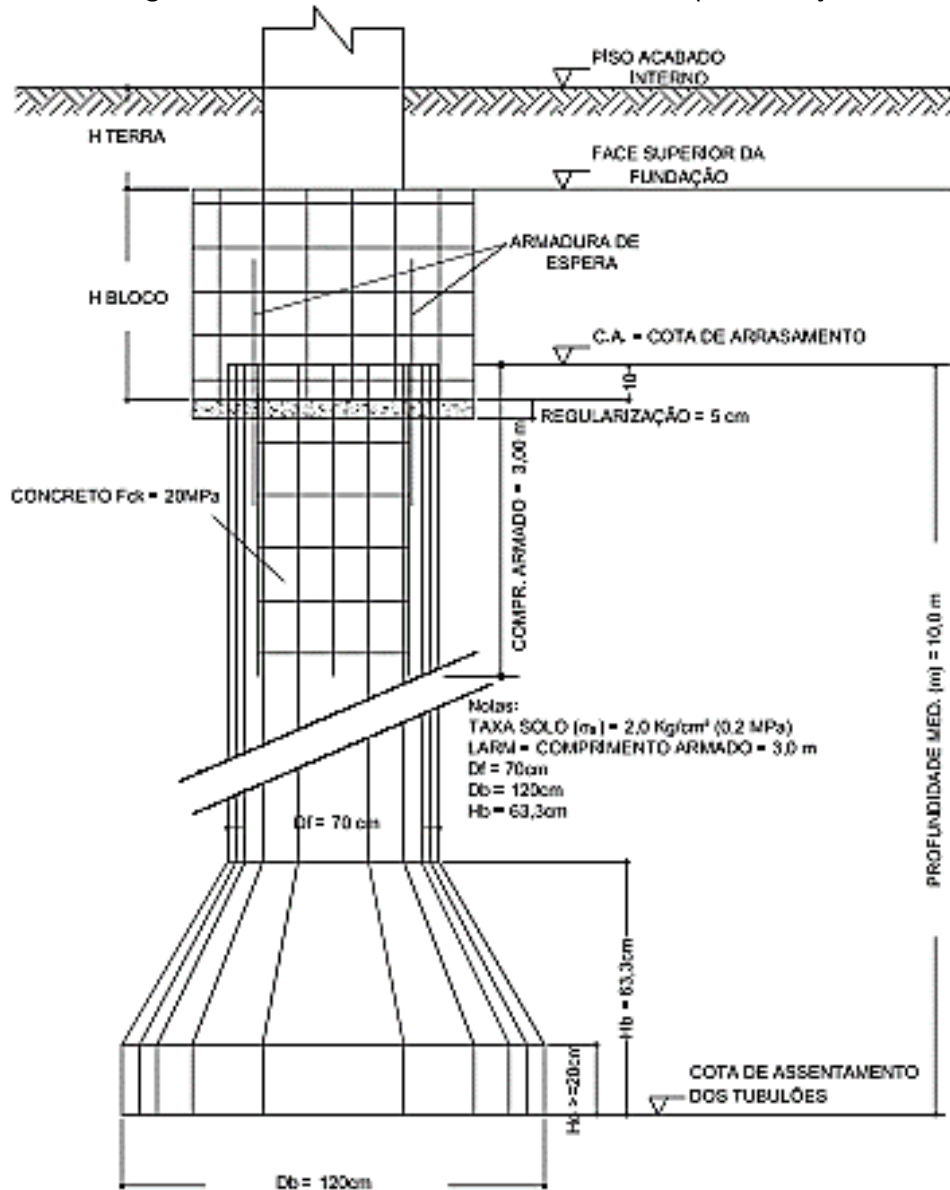


Fonte: Arquivo pessoal

As armações dos tubulões foram dimensionadas de forma a combater os momentos causados pela movimentação de pedestres na passarela. As bases dos tubulões com diâmetro de 120 cm foram dimensionadas para estarem apoiadas em solo com tensão admissível de 3 Kgf/cm², considerada uma taxa razoável e suficiente para receber os carregamentos da passarela segundo CAPUTO (1988).

Observa-se na Figura 5 a seguir, o detalhamento dos tubulões utilizados no reforço das fundações da passarela.

Figura 5: Detalhamento dos tubulões utilizados para reforço



Fonte: Arquivo pessoal

2.3 Reforço e prolongamento dos pilares

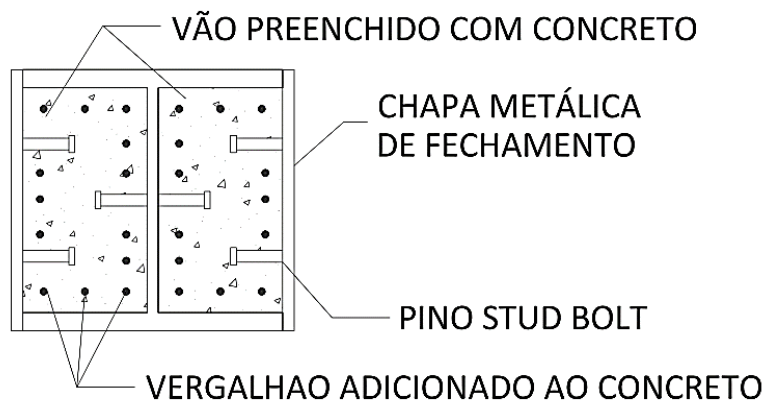
Optou-se por executar o reforço nos pilares de perfil CS 450x280 Kg/m, que serviam de sustentação para as escadas rolantes, amplificando a resistência e inércia do mesmo a fim de reduzir deslocamentos e deformações excessivas. Como tabuleiro da passarela, uma laje em estrutura mista foi utilizada, através da execução de ligações em solda de chapas metálicas nas laterais do pilar e foi realizada a concretagem dos espaços vazios utilizando pinos Stud Bolt para transferência de esforços entre concreto e elementos metálicos. Foram adicionadas armações com vergalhões ao concreto. Estas modificações podem ser melhor compreendidas observando a Figura 6.

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

Posteriormente, decidiu-se que o melhor a ser feito para prolongar os pilares metálicos seria utilizar o mesmo perfil existente de forma a homogeneizar a estrutura e facilitar o detalhamento para a execução.

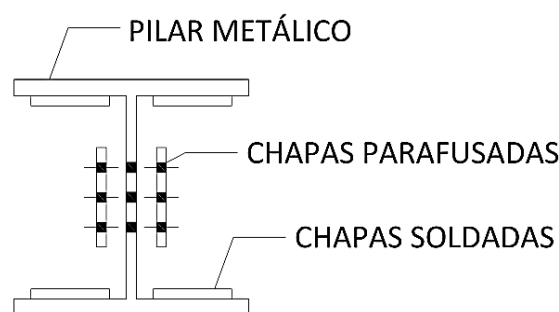
Foi realizado o prolongamento com perfil CS 450x280 Kgf/m² ligados por solda e chapas metálicas na alma e mesas do perfil, sendo as chapas da alma ligadas por dezoito parafusos com diâmetro de 19 mm e as chapas das mesas apenas soldadas evitando o aparecimento dos parafusos na área externa do perfil conforme a Figura 7.

Figura 6: Esquema de reforço dos pilares (seção transversal)



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 7: União de perfis metálicos utilizados como pilar (seção transversal)



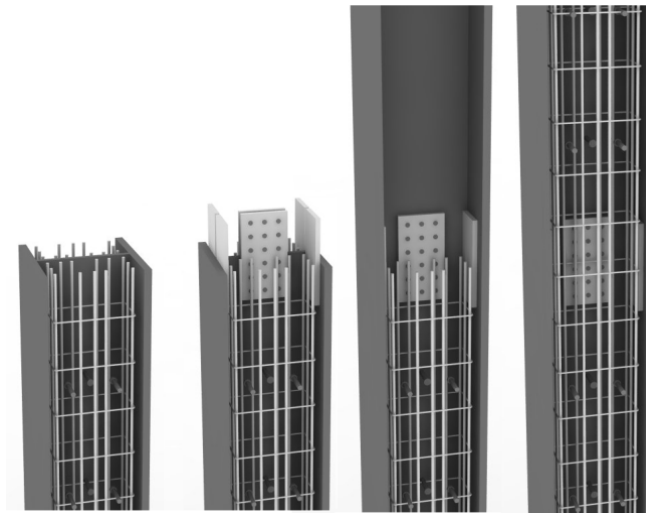
Fonte: Arquivo pessoal

Após prolongamento do pilar, foi executado o mesmo procedimento apresentado na Figura 6 de forma a manter o mesmo processo executivo e enrijecer o pilar em todo o seu comprimento.

Na Figura 8 podemos observar em 3 etapas como o prolongamento dos pilares deve ser realizado.

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

Figura 8: Esquema em 3D do prolongamento dos pilares existentes.

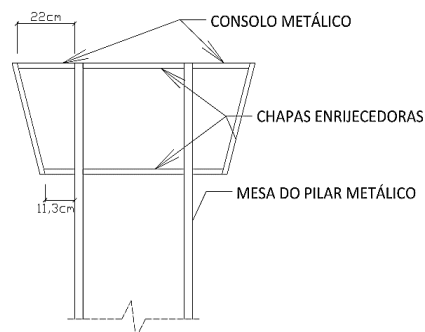


Fonte: Arquivo pessoal

Depois de decidido o reforço e o prolongamento dos pilares metálicos foi definido o apoio para as duas vigas paralelas que sustentariam o tabuleiro da passarela, então optou-se pela utilização de consolos metálicos no topo do pilar a fim aumentar a área disponível para a união das vigas metálicas com o pilar.

Os consolos metálicos foram realizados utilizando perfis CS 400x146 Kgf/m cortados com comprimento de 22 cm e soldados nas mesas do pilar metálico, foram adicionadas chapas com a finalidade de enrijecer os elementos metálicos impedindo deformações localizadas. Estas chapas foram instaladas com filete de solda na alma e mesa do pilar bem como alma e mesa do perfil utilizado como consolo, conforme apresentado na Figura 9, para maiores detalhes da ligação ver Pfeil et al(2011).

Figura 9: Detalhe dos consolos para apoio das vigas (vista lateral)



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 10: Estrutura em 3D dos consolos para apoio das vigas.



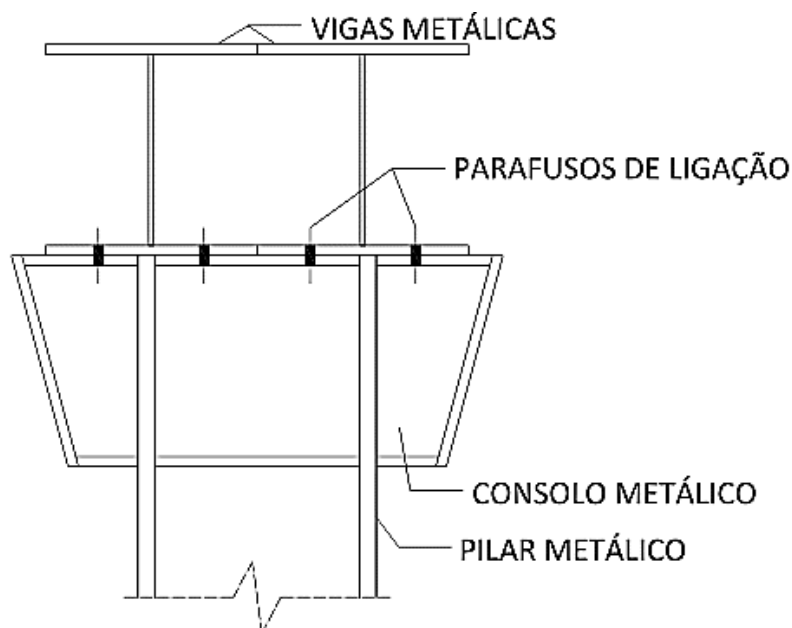
Fonte: Arquivo pessoal

2.4 Execução dos apoios para tabuleiro da passarela

Nessa etapa foi decidido que a melhor forma de apoiar o tabuleiro da passarela seria com dois perfis metálicos paralelos, de forma a impedir a tração de um perfil central, transformando este esforço em um binário de forças que seria absorvido pelas duas vigas.

Foram utilizados perfis CS 400x146 Kgf/m como vigas. Estas vigas ficaram apoiadas sobre os pilares e os consolos metálicos instalados. As vigas foram presas ao pilar metálico utilizando parafusos de diâmetro de 19 mm e soldas nas periferias de contato conforme Figura 11.

Figura 11: Detalhe dos consolos para apoio das vigas (vista lateral)



Fonte: Arquivo pessoal

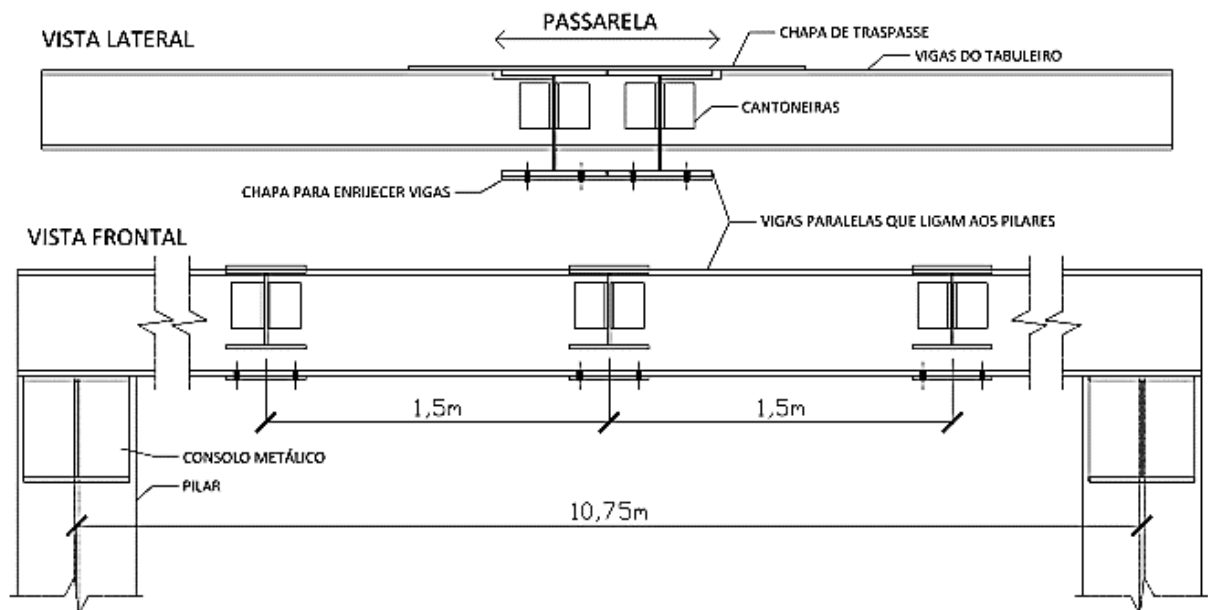
2.5. Estrutura do tabuleiro

Para a execução do tabuleiro da passarela foram utilizadas três vigas de 4,28 m engastadas nas duas vigas que são apoiadas nos pilares metálicos. Estas três vigas foram engastadas tendo como principal objetivo reduzir os deslocamentos dos balanços de 2,1 m existentes nos dois lados da viga de apoio.

Foi utilizado na execução do tabuleiro perfis CS 300x95 Kgf/m para suporte da laje em steel deck. Estes perfis foram instalados em três eixos verticais distanciados em 1,5 m cada (largura da passarela), o engastamento das vigas do tabuleiro foi realizado com a utilização de cantoneiras e chapas soldadas de forma a amplificar a rigidez da estrutura.

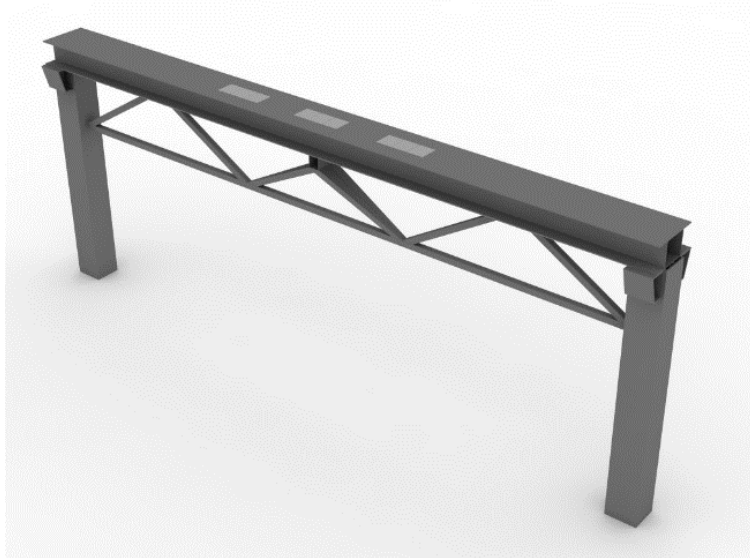
Foram utilizadas chapas de transpasse soldadas na parte superior do tabuleiro, cantoneiras ligando as almas das vigas e chapa metálica para enrijecer as vigas de apoio conforme a Figura 12.

Figura 12: Detalhe do tabuleiro da passarela



Fonte: Arquivo pessoal

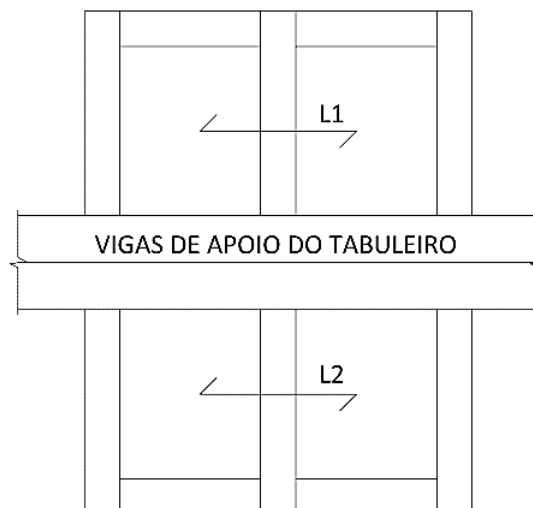
Figura 13: Estrutura em 3D da estrutura com os tabuleiros para recebimento da laje.



Fonte: Arquivo pessoal

Após a execução da estrutura do tabuleiro foi selecionada a laje steel deck que seria utilizada e optou-se por uma laje de 11 cm de altura descarregando nas três vigas do tabuleiro.

Figura 14: Vista superior do tabuleiro da passarela



Fonte: Arquivo pessoal

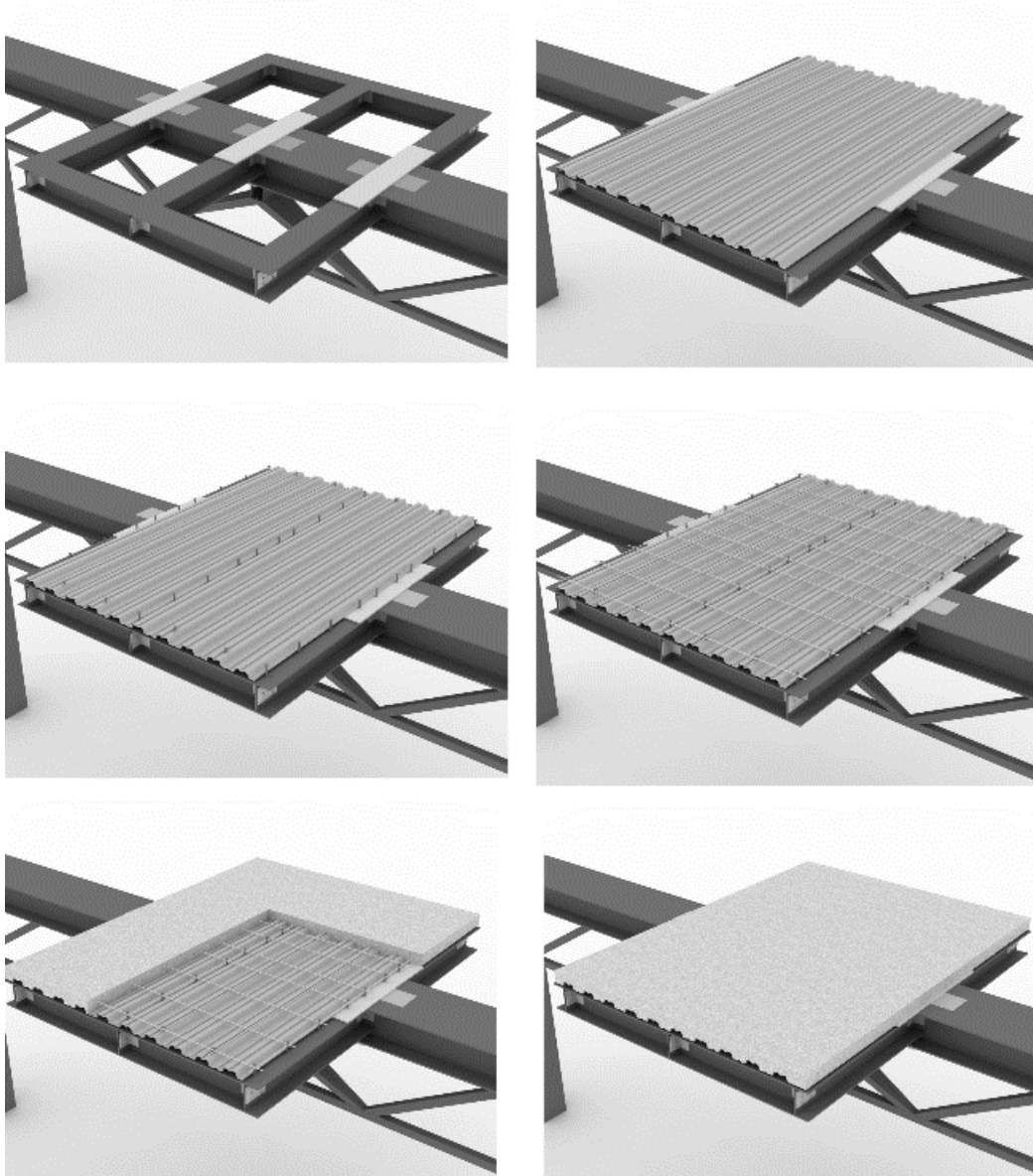
As lajes foram fixadas aos perfis metálicos com a utilização de pinos Stud Bolt em cada nervura do steel deck e foi aplicada malha eletrosoldada para evitar fissuras causadas por movimentação e dilatação, conforme PINHEIRO (2001), por fim foi adicionado o concreto à estrutura como podem ser observadas as etapas na Figura 15.

O dimensionamento da estrutura foi baseado nas NBR 6118/2004 e NBR 8800/2008, nos

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

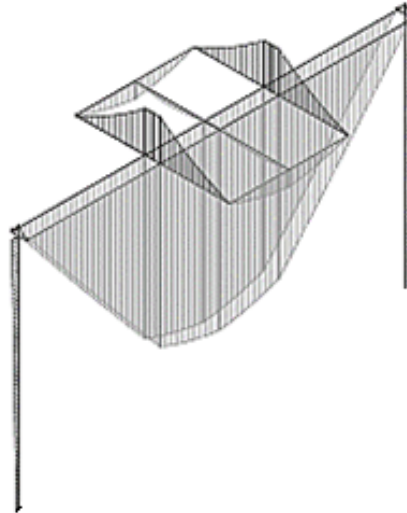
esforços de momento fletor, cortante e torção (ELU), bem como nos deslocamentos e vibrações da estrutura (ELS). Um exemplo pode ser visto em BELLEI (2004). As ligações da estrutura foram definidas como rígidas para as vigas do tabuleiro e semirrígidas para as vigas de apoio do tabuleiro conforme pode se observar na Figura 16.

Figura 15: Etapas em 3D da execução da laje em steel deck.



Fonte: Arquivo pessoal

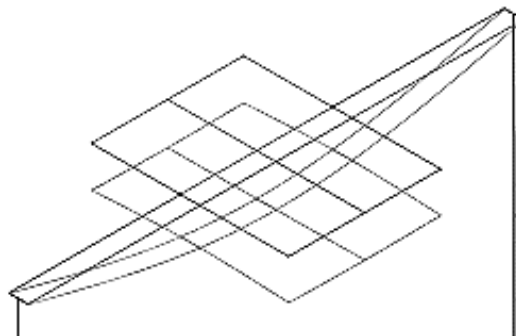
Figura 16: Esforços de momento fletor na estrutura da passarela.



Fonte: Arquivo pessoal

Foi observado um deslocamento mínimo das estruturas dos pilares metálicos e uma flecha máxima no valor de 9 mm no tabuleiro da passarela conforme apresentado na Figura 17.

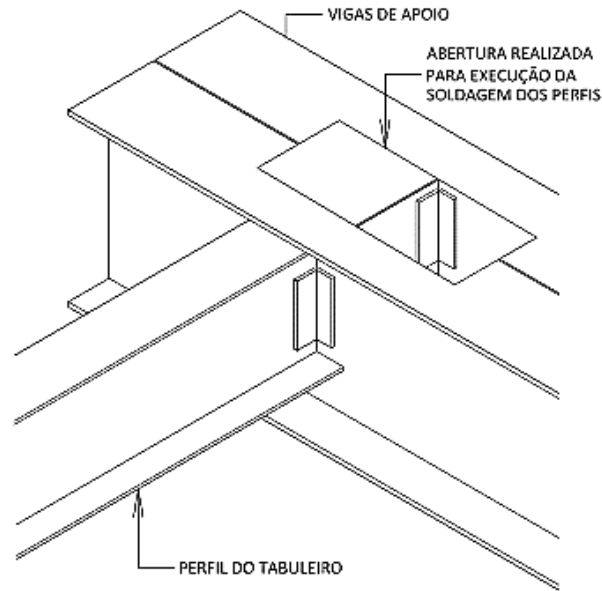
Figura 17: Deslocamentos encontrados na estrutura da passarela.



Fonte: Arquivo pessoal

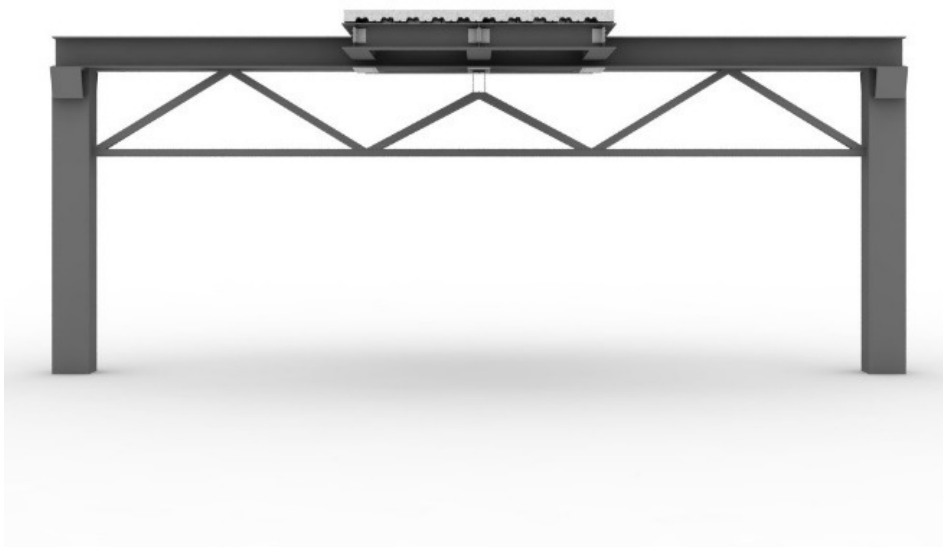
Para a realização do engastamento das vigas do tabuleiro da passarela foi sugerido um esquema de soldagem dos perfis afim de facilitar a execução, neste método recomenda-se a abertura de janelas na parte superior das vigas de apoio, estas aberturas são utilizadas para fornecer uma sequência executiva para a soldagem dos perfis CS 300x95 Kgf/m.

Figura 18: Detalhe do processo de soldagem dos perfis do tabuleiro.



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 19: Vista frontal da estrutura final.



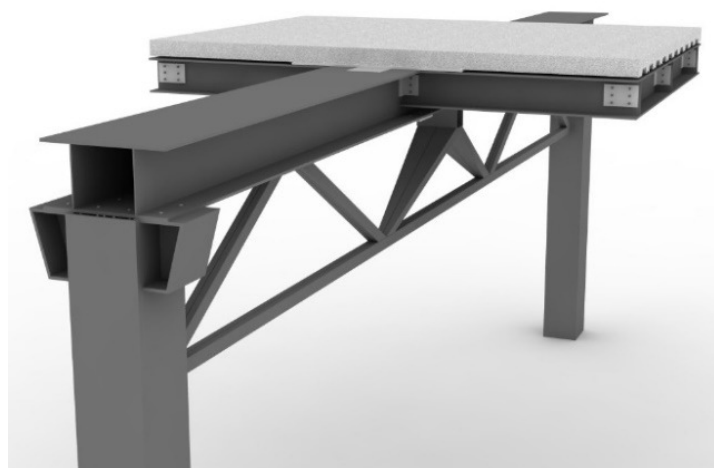
Fonte: Arquivo pessoal

Figura 20: Vista lateral da estrutura final.



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 21: Perspectiva isométrica da estrutura final.



Fonte: Arquivo pessoal

3 CONCLUSÃO

Segundo Silva et al. (2010) as estruturas mistas tratam-se de uma solução teoricamente perfeita por se aproveitar das maiores qualidades de ambos materiais, tanto do concreto, quanto do aço, levando-se em consideração a viabilidade econômica. No caso do shopping, entendeu-se como a solução mais adequada.

Podemos concluir que o projeto foi pensado e estudado para atender necessidades específicas de um local de acesso ao público, que não poderia ser prejudicado no funcionamento, deveria ser rapidamente executada e causando o mínimo transtorno possível, principalmente em relação à organização e ocupação de espaço do canteiro de obras.

Esse projeto também tinha a particularidade de não poder apoiar a nova estrutura na estrutura existente, portanto, deveria suportar a própria carga.

Definidos todos os elementos estruturais e suas respectivas ligações o projeto da passarela chega ao fim com uma estrutura que se adequaria facilmente à arquitetura do Boulevard Shopping, e finalmente a nova estrutura pode facilitar o trânsito de consumidores dentro do shopping e acrescentar elementos visuais para sua arquitetura.

REFERÊNCIAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014). NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto Armado e Protendido - Procedimentos. Rio de Janeiro.
- 2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2008). NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro.
- 3 CAPUTO, H. P. Mecânica dos Solos e suas Aplicações. Rio de Janeiro: Academia do Saber, 1988.
- 4 BELLEI, Ildony H., PINHO, Fernando O. e PINHO, Mauro O.. Edifício de Múltiplos Andares em Aço. São Paulo: Pini, 2004.
- 5 PFEIL, Walter e PFEIL, Michèle. Estruturas de Aço – Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008. 8ª ed.. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- 6 PINHEIRO, Antônio Carlos da F. Bragança. Estruturas Metálicas – Cálculos, detalhes, exercícios e projetos. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2001.
- 7 SILVA, Valdir Pignatta e PANNONI, Fabio Domingos. Estruturas de Aço para Edifícios – Aspectos Tecnológicos e de Concepção. São Paulo: Blucher, 2010.