

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

VICTORIA PRUDÊNCIO DE CAMPOS LOBO

**EXECUÇÃO DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO DA PONTE HERCÍLIO LUZ COM
GRADIS METÁLICOS**

FLORIANÓPOLIS

2019

VICTORIA PRUDÊNCIO DE CAMPOS LOBO

**EXECUÇÃO DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO DA PONTE HERCÍLIO LUZ COM
GRADIS METÁLICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao Departamento de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito parcial para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia Civil
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Juan José
Oviedo Haito

Florianópolis, Novembro de 2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Campos Lobo, Victoria Prudencio de
Execução da Superfície de Rolamento da Ponte Hercílio Luz
com Gradis Metálicos / Victoria Prudencio de Campos Lobo
; orientador, Ricardo Juan José Oviedo Haito, 2019.
104 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Engenharia Civil. 3. Ponte
Hercílio Luz. 4. Gradis Metálicos. 5. Procedimento
Executivo. I. Juan José Oviedo Haito, Ricardo. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Civil. III. Título.

Victoria Prudêncio de Campos Lobo

**Execução da Superfície de Rolamento da Ponte Hercílio Luz com Gradis
Metálicos**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 25 de novembro de 2019.

Banca examinadora:

Prof. Ricardo Oviedo Haito, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Humberto Ramos Roman, PhD

Universidade Federal de Santa Catarina

Eng.º Israel de Souza Ferreira

RMG Engenharia

Aos meus pais, Alvaro e Fabiana, por todo suporte em minha trajetória, paciência e amor.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Alvaro e Fabiana, por todo amor, carinho e apoio oferecido durante toda minha vida e todas as oportunidades a mim concedidas.

Aos meus avós, Eliane e Alvaro, Vera e Antônio, tios, Fernando e Viviane, e primo, Arthur, pelo incondicional carinho e incentivo nesses anos todos.

Ao meu professor orientador, Ricardo Juan José Oviedo Haito pela dedicação na orientação, paciência e disponibilidade para atendimentos durante o processo de produção deste trabalho.

Aos colegas e amigos da Ponte Hercílio Luz, que muito contribuíram para minha formação como engenheira e como pessoa, em especial, Laís, Maycon, Gabriel, Lucas, Guilherme, Célio e Samuel.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por propiciar a oportunidade de estudar em uma das melhores universidades de Engenharia do país.

Ao Professor Humberto Ramos Roman e ao Engenheiro Israel de Souza Ferreira, por aceitarem meu convite de participar desta banca.

A todos os professores que participaram, de alguma forma, dessa caminhada rumo ao diploma de Engenharia Civil.

A todos os amigos que fiz na graduação e que alegravam meus dias na universidade, em especial, Lucas e Miguel.

Aos meus amigos da vida, presentes em especial nesse último ano, Gabriela, Catherine, Verônica e Pedro.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para transformar os anos passados no curso de Engenharia Civil uma excelente experiência.

“A resposta é dada por uma pessoa inevitavelmente diferente daquela a quem foi feita a pergunta, e essa resposta é dada a alguém que mudou desde que perguntou. É impossível saber a profundidade dessa mudança.”

(Franz Rosenzweig)

RESUMO

A Ponte Hercílio Luz, localizada em Florianópolis, apresenta um grande valor histórico: é atualmente a única ponte pênsil do mundo sustentada por barras de olhal e, por esse motivo, foi tombada pelo Patrimônio Histórico de Santa Catarina. Na revitalização da Ponte Hercílio Luz, muitos elementos foram substituídos, desde as barras de olhal, até os rebites, os cabos pendurais e a superfície de rolamento. Para tal superfície, optou-se pela utilização de gradis metálicos; método pouco frequente em pontes brasileiras. O objetivo deste trabalho é descrever a execução da superfície de rolamento da Ponte Hercílio Luz com gradis metálicos. Para tanto, foi realizada uma pesquisa qualitativa a partir de dados mediante observação em campo, entrevistas e análise da documentação da obra. Dentre outras, foram incluídas as documentações dos procedimentos de recebimento, armazenamento e transporte e instalação dos gradis. Dentre os resultados dos estudos, destacam-se: a) a descrição do produto, que inclui aspectos do projeto dos gradis e da sua paginação; b) a descrição da sequência detalhada das atividades em seis etapas: recebimento das peças, armazenamento, transporte, pré-montagem, montagem e liberação. Dada a singularidade na instalação deste tipo de superfície de rolamento, a descrição detalhada dos seus componentes e a forma de instalação compreendem informações relevantes para os tomadores de decisão replicarem a sua escolha em outras pontes do país. A principal contribuição deste trabalho consiste na apresentação estruturada de detalhes de execução da obra que formam parte do conhecimento técnico dos diferentes profissionais que participaram da execução dos gradis metálicos.

Palavras-chave: Ponte Hercílio Luz. Grades Metálicas. Procedimento Executivo. Reabilitação.

ABSTRACT

The Hercílio Luz Bridge, located in Florianópolis, has a big historical value: it is, nowadays, the only suspension bridge which is suspended by eyebars – fact that keeps it into the Historical Heritage of Santa Catarina. On the Hercílio Luz Bridge revitalization, many elements were replaced, such as the eyebars, the rivets, the supporting cables and the rolling surface. Metallic grids were used for the rolling surface on the Hercílio Luz revitalization, an uncommon method on the Brazilian bridges. The main purpose of this work is to describe the executive procedure of Hercílio Luz Bridge's rolling surface. For that, a qualitative research was made under the data that came from local observation, interviews and the documentation from the construction work. It was included information as the receiving proceeding documentation, storage, transportation and metallic grids installation. Among the results, the following stand out: a) the product description, including the grids project aspects and its layout; b) the detailed activity order description in six steps: parts receiving, storage, transportation, pre-assembly, assembly and traffic release. In behalf of the singularity of the proceeding of this type of rolling surface, the detailed description of its components and its installation procedure are relevant information for the decision-makers to reply their choice in other bridges around the country. The main contribution of this work consists in the structured presentation of the details from the work execution that sums up the technical knowledge of the many professionals that worked on the metallic grid executive procedure.

Palavras-chave: *Hercílio Luz Bridge. Metallic Grids. Executive Procedure.*

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Perfil longitudinal da ponte | 22 |
| Figura 2: Barra de Olhal deteriorada Silver Bridge - Ohio | 24 |
| Figura 3 - PHL após primeira reforma | 25 |
| Figura 4 - Pavimento de madeira na PHL..... | 34 |
| Figura 5 - Pavimento asfáltico na PHL. | 34 |
| Figura 6 - PHL com pavimento asfáltico retirado. | 34 |
| Figura 7 – Superfície de rolamento da PHL com gradis metálicos (em execução)..... | 34 |
| Figura 8 – Mapa de situação: localização da PHL..... | 35 |
| Figura 9 – Gradis com instalação independente | 37 |
| Figura 10 – Drenagem da PHL..... | 38 |
| Figura 11 – Superfície de rolamento vista de baixo..... | 38 |
| Figura 12 – Condição de uma ponte ao longo do tempo..... | 43 |
| Figura 13 - Viadutos de acesso e ponte | 45 |
| Figura 14 - Esquema de uma ponte pênsil: 1 viga metálica; 2 cabo portante; 3 pendurais de suspensão de viga ao cabo portante; 4 torres de apoio do cabo portante | 46 |
| Figura 15 – Principais partes constituintes da PHL. | 46 |
| Figura 16 – Viadutos de acesso em uma ponte. | 47 |
| Figura 17 – 1) Longarinas estruturais da PHL; 2) Transversinas estruturais da Ponte Hercílio Luz..... | 48 |
| Figura 18 – Longarinas e transversinas diversas (1- Longarina Estrutural; 2- Transversina Estrutural; 3- Transversina de Apoio das Grades Metálicas)..... | 49 |
| Figura 19 – Barras de olhal instaladas na Ponte Hercílio Luz | 50 |
| Figura 20 – Estruturas provisórias inferiores para suporte do vão principal ... | 51 |
| Figura 21 – Metodologia do trabalho | 52 |
| Figura 22 – Barras principais, secundárias e ligação gradil-transversina auxiliar..... | 57 |
| Figura 23 – Chapas galvanizadas instaladas sobre as transversinas auxiliares | 58 |
| Figura 24 – Corte típico de fixação da grade..... | 59 |
| Figura 25 – Vista superior de uma placa de gradil metálico | 59 |

| | |
|--|----|
| Figura 26 – Detalhe da extensão das paredes externas do gradil para fixação das placas nas transversinas | 60 |
| Figura 27 – Corte A-A de uma placa de gradil metálico | 60 |
| Figura 28 – Detalhe do projeto de paginação do Viaduto Continental – Módulos MC26 e MC25..... | 62 |
| Figura 29 – Detalhe figura anterior | 62 |
| Figura 30 – Curva da PHL no viaduto continental. Vista Inferior. | 64 |
| Figura 31 – Curva da PHL no viaduto continental. Vista Superior. | 64 |
| Figura 32 – Gradis justapostos sem a presença da junta simples de dilatação. | 66 |
| Figura 33 – Gradis justapostos com a presença da junta simples de dilatação. | 66 |
| Figura 34 – Juntas de dilatação entre o vão central e os viadutos | 67 |
| Figura 35 – Longarinas e Transversinas estruturais recuperadas..... | 69 |
| Figura 36 - Instalação dos gradis. | 69 |
| Figura 37 – Vão central pênsil ocupado pelas EAS..... | 69 |
| Figura 38 – Passarela provisória de madeira para passagem de trabalhadores. | 69 |
| Figura 39 – Partes da ponte | 70 |
| Figura 40 – Esquema da sequência detalhada das atividades de execução dos gradis..... | 71 |
| Figura 41 – Transporte de gradis passando pela treliça do vão central. | 79 |
| Figura 42 – Limitação da grua devido aos contraventamentos da treliça, | 79 |
| Figura 43 – Proveniência dos gradis em cada parte da ponte..... | 80 |
| Figura 44 - Gradis armazenados no canteiro central..... | 81 |
| Figura 45 - Gradis armazenados no canteiro do Saco dos Limões. | 81 |
| Figura 46 - Gradis armazenados no canteiro do continente. | 81 |
| Figura 47 - Gradis armazenados na ponte para instalação. | 81 |
| Figura 48 - Balsa para transporte de peças – Visto da ponte..... | 82 |
| Figura 49 - Balsa para transporte de peças com guindaste – Canteiro Central. | 82 |
| Figura 50 - Grua para elevação e instalação de peças. | 82 |
| Figura 51 - Caminhão munck para o transporte de peças..... | 82 |
| Figura 52 – Marcação da furação na etapa de pré-montagem..... | 84 |

| | |
|---|----|
| Figura 53 – Gradis instalados no viaduto continental | 85 |
| Figura 54 – Furação das transversinas auxiliares | 86 |
| Figura 55 – Pintura das transversinas auxiliares com rolinho..... | 86 |
| Figura 56 – Pintura das transversinas auxiliares com pincel | 86 |
| Figura 57 - Transversinas auxiliares antes e depois da pintura..... | 86 |
| Figura 58 - Transversina auxiliar com furos prontos e pintura feita. | 88 |
| Figura 59 - Colocação das chapas galvanizadas na posição correta e marcação dos furos na chapa. | 88 |
| Figura 60 - Passagem da chapa galvanizada para a plataforma de trabalho inferior. | 88 |
| Figura 61 - Furação da chapa galvanizada. | 88 |
| Figura 62 - Instalação das chapas galvanizadas..... | 89 |
| Figura 63 - Gradis dispostos na ponte prontos para a instalação..... | 89 |
| Figura 64 - Gradis içados pela grua..... | 90 |
| Figura 65 - Gradis transportados pela grua para instalação..... | 90 |
| Figura 66 - Deposição da placa de gradil nas transversinas auxiliares. | 90 |
| Figura 67 - Ajuste do local exato de instalação. | 90 |
| Figura 68 – Parafusos torquoados e não torqueados..... | 91 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Resumo das etapas ocorridas na PHL | 27 |
| Quadro 2 – Fases das Obras de Reforma e Revitalização da Ponte Hercílio Luz. | 29 |
| Quadro 3 - Fases das Obras de Reforma e Revitalização da Ponte Hercílio Luz. | 30 |
| Quadro 4 – Descrição das fases da obra da PHL. | 31 |
| Quadro 5 – Fases da superfície de rolamento da PHL..... | 34 |
| Quadro 6 – Entrevistados para a obtenção de informações..... | 54 |
| Quadro 7 – Curva da PHL no viaduto continental | 64 |
| Quadro 8 – Juntas simples de dilatação dos gradis | 66 |
| Quadro 9 – Figuras do planejamento geral | 69 |
| Quadro 10 – Folha do processo de construção..... | 73 |
| Quadro 11 – Testes de análise da qualidade dos gradis..... | 76 |
| Quadro 12 – Dificuldade de acesso da grua no vão central pênsil..... | 79 |
| Quadro 13 – Locais de armazenamento dos gradis | 81 |
| Quadro 14 – Transportes utilizados para os gradis. | 82 |
| Quadro 15 – Furação da chapa galvanizada..... | 88 |
| Quadro 16 – Sequência de instalação dos gradis metálicos | 89 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Critérios utilizados no estudo de JAJAC et al. (2017) para determinar o método de reabilitação de uma ponte | 42 |
| Tabela 2 – Quantitativo de grades metálicas por tipo..... | 65 |

Listas de Abreviaturas e Siglas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM – American Society for Testing and Materials

DEINFRA – Departamento Estadual de Infraestrutura

DER – Departamento de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes

EAS – Estrutura Auxiliar Superior

ESP – Estrutura de Sustentação Superior

FHWA – Federal Highway Association

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

PHL – Ponte Hercílio Luz

SIE – Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade

TRB - Transportation Research Board

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

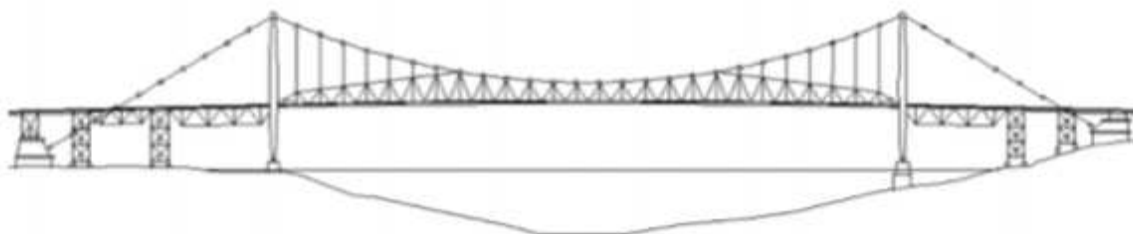
SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 22 |
| 1.1 | CONTEXTO | 22 |
| 1.1.1 | Histórico da Ponte Hercílio Luz | 22 |
| 1.1.2 | Fases da obra | 28 |
| 1.1.3 | Histórico da superfície de rolamento da Ponte Hercílio Luz | 33 |
| 1.1.4 | Caracterização da obra | 34 |
| 1.2 | JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO | 36 |
| 1.3 | OBJETIVOS | 38 |
| 1.3.1 | Objetivos Gerais | 38 |
| 1.3.2 | Objetivos Específicos | 38 |
| 1.4 | ESCOPO E LIMITAÇÕES | 39 |
| 1.5 | ESTRUTURA DO TRABALHO | 40 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 41 |
| 2.1 | REABILITAÇÃO, MANUTENÇÃO E SUBSTITUIÇÃO | 41 |
| 2.2 | PONTE | 45 |
| 2.3 | PONTE PÊNSIL | 45 |
| 2.4 | PARTES DA PONTE HERCÍLIO LUZ | 46 |
| 2.4.1 | Viadutos De Acesso | 47 |
| 2.4.2 | Longarinas E Transversinas Estruturais | 47 |
| 2.4.3 | Transversinas De Apoio Das Grades Metálicas | 48 |
| 2.4.4 | Barras De Olhal | 49 |
| 2.5 | TRANSFERÊNCIA DE CARGA | 50 |
| 2.6 | ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO NA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO DE UMA PONTE | 51 |
| 3 | MÉTODO | 52 |
| 3.1 | METODOLOGIA DO TRABALHO | 52 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 56 |
| 4.1 | ASPECTOS DO PROJETO DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO DA PONTE | 56 |
| 4.1.1 | Descrição do produto | 56 |
| 4.2 | EXECUÇÃO | 67 |
| 4.2.1 | Planejamento | 67 |
| 4.2.2 | Procedimento executivo | 74 |
| 4.3 | DIFICULDADES NA EXECUÇÃO | 92 |
| 4.4 | USO | 92 |
| 4.4.1 | Manutenção | 92 |
| 4.5 | DISCUSSÃO | 93 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 95 |
| 5.1 | CONCLUSÃO | 95 |
| 5.2 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 95 |

1 INTRODUÇÃO

A Ponte Hercílio Luz, desde sua concepção, foi considerada um dos principais cartões postais da cidade de Florianópolis segundo a Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade - SIE¹ (2019). A ponte recebe destaque devido à sua construção única, por ser uma ponte metálica pênsil e por possuir barras de olhal que funcionam como corda superior da treliça do vão central, conforme o desenho da Figura 1.

Figura 1 - Perfil longitudinal da ponte



Fonte: RMG Engenharia (2019)

Antes da construção da ponte, a ligação entre a Ilha e o Continente era feita de forma exclusivamente marítima, por meio de lanchas e balsas – método que dificultava o desenvolvimento da cidade. A obra tem um alto valor em termos de engenharia por, de acordo com Deinfra (2014), ser uma das maiores pontes pênséis do mundo e a maior do Brasil.

Segundo Instituto Mapa (2019), para 73,1% da Grande Florianópolis, quando é falado em cartão postal de Santa Catarina, o primeiro nome ou símbolo que vem à mente dos moradores do estado é a Ponte Hercílio Luz.

1.1 CONTEXTO

1.1.1 Histórico da Ponte Hercílio Luz

¹ A partir de Janeiro de 2019, devido à troca de governo, o Departamento Estadual de Infraestrutura (DEINFRA) passou a figurar como SIE (Secretaria de Estado da Infraestrutura e de Mobilidade).

Até a década de 20, o acesso a Florianópolis era possível através apenas do transporte marítimo. O ingresso na ilha, que já era dificultoso, era ainda menos acessível em dias de chuva ou muito vento.

Segundo Andrade (1978), grupos políticos de expressão tinham a intenção de mudar a capital do estado para outra cidade mais desenvolvida e com o acesso mais facilitado. O então governador Hercílio Pedro da Luz, para manter Florianópolis como capital catarinense ao promover seu desenvolvimento, idealizou a construção da ponte. Assim, marcou a história da cidade com a seguinte frase: “Mandarei construir uma ponte, daquele morro ao cemitério [atual Parque da Luz], para acabar de vez com esse suplício”. (LUZ, 1917).

Durante a fase de projeto, foram consideradas três diferentes concepções estruturais, uma ponte pênsil tradicional, uma treliça e a solução adotada: uma ponte pênsil com barras de olhal incorporadas, que era a solução mais viável economicamente na época, como afirma Carvalho e Rodrigues (2016). A ponte foi projetada pelos engenheiros Holton D. Robinson e David Barnard Steinman e executada pela empresa americana Byington & Sundstrom conforme Deinfra (2014).

Em 1926, como apresentado na etapa 1 do Quadro 1, após quatro anos de construção da ponte, a obra foi aberta à circulação de pedestres e veículos, fato que marcou o início de uma fase de desenvolvimento da cidade e consequente desenvolvimento da Ilha.

Em 1975, segundo SIE (2019), foi inaugurada a Ponte Colombo Salles, desafogando o tráfego que a Ponte Hercílio Luz não mais suportava. Em 1990, inaugurou-se o complemento dessa, a Ponte Pedro Ivo.

Segundo Rios (2015), o desastre ocorrido em 1967 na Silver Bridge, ponte com uma concepção semelhante à Ponte Hercílio Luz, que fazia a ligação entre os estados norte americanos Ohio e West Virgínia, atentou os olhares florianopolitanos ao perigo que apresentava a Ponte Hercílio Luz. De acordo com Timeline (2017), durante uma madrugada fria, uma das barras de olhal da ponte de Ohio, representada na Figura 2 fraturou de forma abrupta. Devido à semelhança desta com a ponte catarinense, o Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo – IPT realizou um laudo técnico que resultou na interdição da Ponte Hercílio Luz em 1982 devido ao nível de deterioração das barras de olhal (etapas 2 e 3 do Quadro 1).

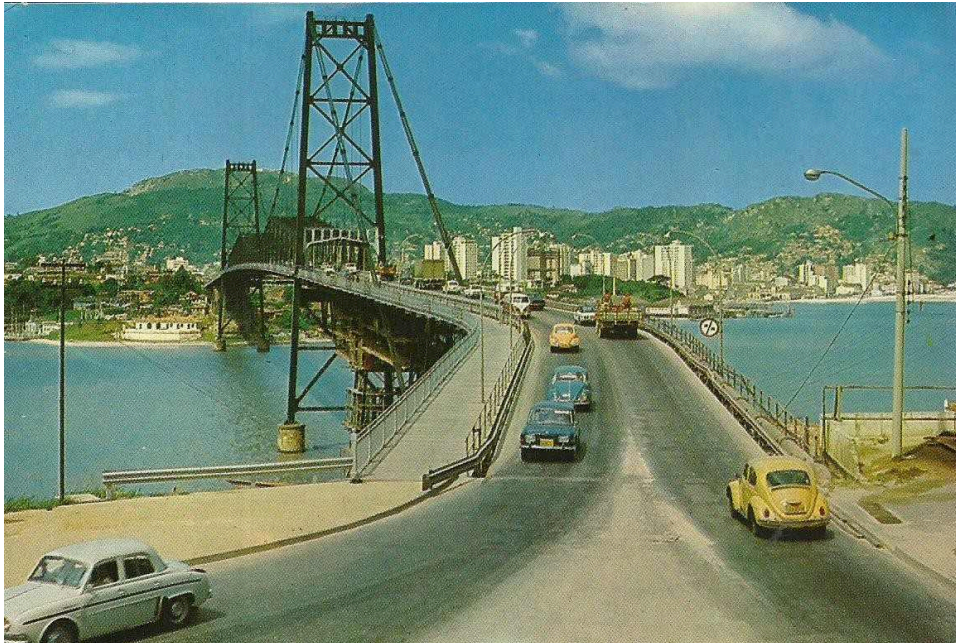
Figura 2: Barra de Olhal deteriorada Silver Bridge - Ohio



Fonte: Timeline (2017)

Conforme SIE (2019), como mostrado na Figura 3, no ano de 1988 a ponte foi reaberta à circulação de pessoas, bicicletas e motocicletas, configuração que foi mantida até sua segunda interdição, dessa vez definitiva, em 1991 (etapas 4 e 5 do Quadro 1). Na ocasião da interdição, foi retirado o pavimento asfáltico que havia sido implantado na primeira reforma, fato que gerou um alívio de 400 toneladas para a estrutura.

Figura 3 - PHL após primeira reforma



Fonte: Nossa Hercílio Luz (2018)

Segundo SIE (2019), em 1997, a Ponte Hercílio Luz foi tombada e, a partir desse ano, foi considerada pelo Ministério Cultura como Patrimônio Histórico, Artístico e Arquitetônico de Santa Catarina, mesmo que não utilizada para a função principal, a passagem de veículos (etapa 6 do Quadro 1).

Em 2005, conforme SIE (2019), foi aberto pela primeira vez o edital de licitação, no qual o vencedor foi o consórcio formado pelas empresas ROCA/TEC. Em 2006 começaram as obras de execução, fornecimento de materiais e insumos. Ainda foram contratadas, sob montante exterior ao contrato, as empresas PROSUL e CONCREMAT para que fossem feitos os serviços de gerenciamento, coordenação, controle de qualidade e supervisão e apoio à fiscalização. Essas duas últimas empresas foram contratadas também para a seguinte etapa da obra (vide etapa 7 do Quadro 1)

Como afirma SIE (2019), o Consórcio Florianópolis Monumento iniciou em 2009 a etapa que deveria ter finalizado a obra e previa a recuperação de todo o vão central e das torres principais, passarela de pedestres e pista de rolamento, conforme etapa 8 do Quadro 1. O consórcio contratado não conseguiu cumprir os prazos estabelecidos, apesar da finalização do processo de montagem da parte submersa das torres provisórias de suporte. O contrato da empresa foi então rescindido em 2014.

A urgência da continuação da obra, visto que as estruturas de sustentação não poderiam ficar submetidas a intempéries, fez com que o governo decidisse dividir o final da obra em duas etapas: a primeira com a finalização das quatro torres de sustentação e a segunda, que envolveu a construção da treliça superior, a transferência de carga, a troca de rótulas e a desmontagem e troca das barras de olhal conforme pode ser observado respectivamente nas etapas 9 e 10 do Quadro 1.

Em 2015, para a execução da primeira parte (etapa 9 do Quadro 1), foi contratada a empresa Empa, do grupo Teixeira Duarte e as obras ocorreram de abril a outubro do referido ano. Para a segunda parte (etapa 10 do Quadro 1), a empresa Empa, do Grupo Teixeira Duarte, permaneceu na obra, conforme item 1.1.4 Caracterização da obra.

No momento atual as obras estão conforme o cronograma e a entrega final está programada para 30 de dezembro de 2019.

Um resumo das etapas pode ser observado no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Resumo das etapas ocorridas na PHL

| Etapa | Descrição | Empresa Executora | Ano | Status da etapa |
|--------------|--|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | Construção da Ponte Hercílio Luz. | Byington & Sundstrom | 1922-1926 | Concluída |
| 2 | Acidente na Silver Bridge | - | 1967 | - |
| 3 | Interdição da ponte | - | 1982 | Concluída |
| 4 | Reabertura à circulação de pessoas | - | 1988-1991 | Concluída |
| 5 | Interdição da ponte | - | 1991 | Concluída |
| 6 | Tombamento da ponte | - | 1997 | Concluída |
| 7 | Recuperação das rampas de acesso insular e continental. | Consórcio ROCA/TEC | 2006 - 2008 | Concluída |
| 8 | Recuperação do vão central, torres principais, passarela de pedestres e pistas de rolamento. | Consórcio Florianópolis Monumento | 2009 - 2014 | Rescisão do contrato |
| 9 | Conclusão das quatro torres de sustentação. | Empa/Teixeira Duarte | 2015 | Concluída |
| 10 | Construção da treliça, transferência de carga, troca de rótulas, desmontagem e troca das barras de olhal | Empa/Teixeira Duarte | 2016 – 2019 (previsto) | Em andamento |

Fonte: A autora (2019) a partir de Deinfra (2014).

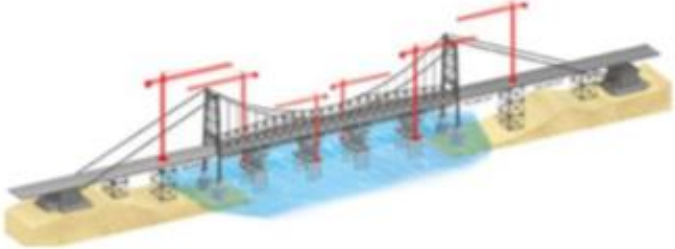

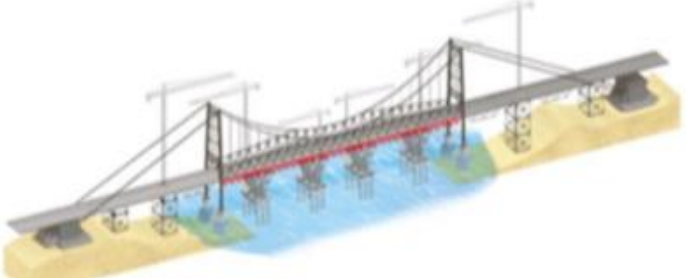
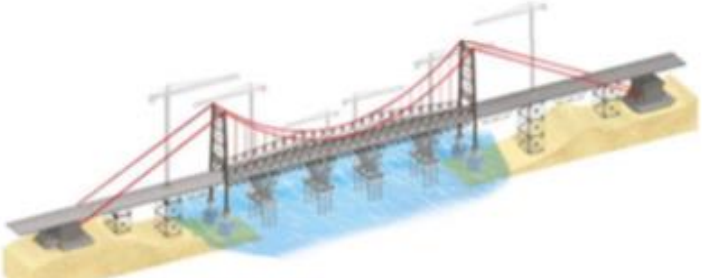
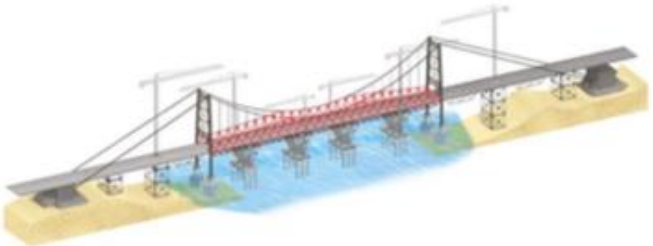

1.1.2 Fases da obra

As obras de reabilitação e restauração da PHL a partir do contrato de 2016 da Teixeira Duarte, que é o objeto de estudo deste trabalho, podem ser divididas em doze grandes fases:

- 1) Montagem das gruas e torres auxiliares;
- 2) Recuperação dos viadutos;
- 3) Transferência de carga;
- 4) Retirada das barras de olhal e cabos pendurais;
- 5) Recuperação da treliça do vão central pênsil;
- 6) Reforço das torres principais;
- 7) Recuperação dos maciços de ancoragem insular e continental;
- 8) Instalação das barras de olhal e cabos pendurais;
- 9) Transferência de carga;
- 10) Execução do tabuleiro da ponte;
- 11) Desmontagem das gruas e torres auxiliares e
- 12) Obra concluída.

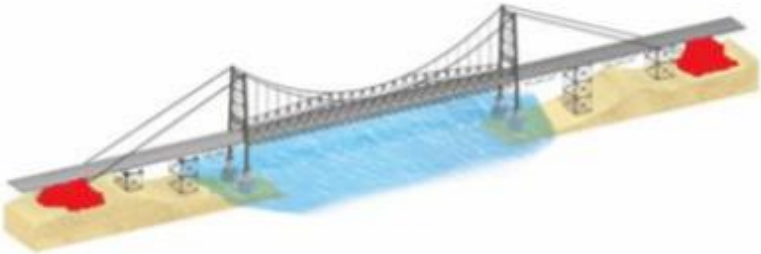

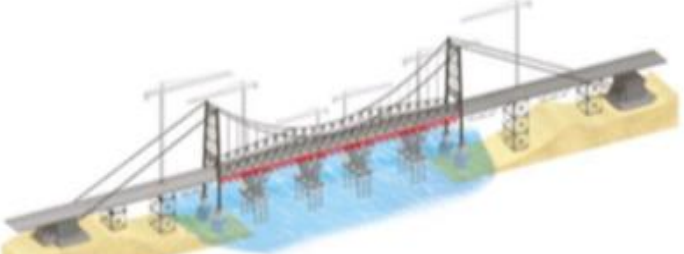
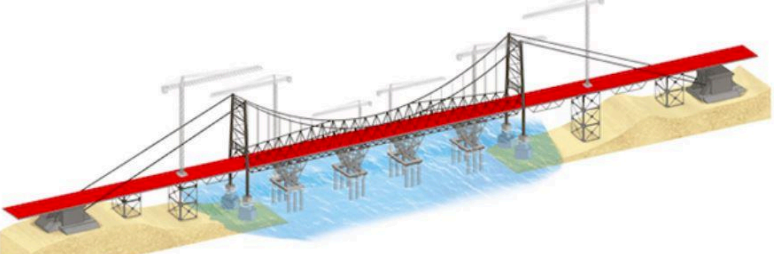
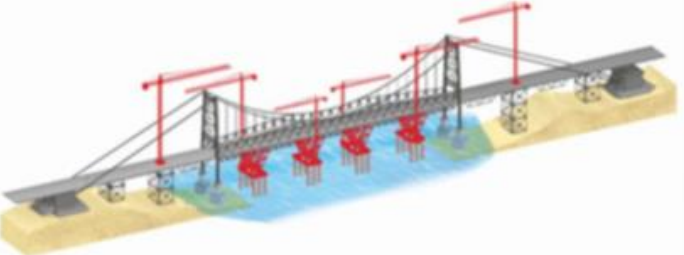
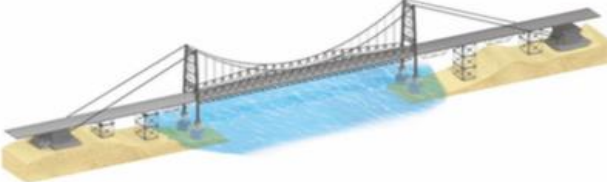
Todas as fases acima estão contidas na Etapa 10 das atividades ocorridas na reforma da ponte mencionadas no Quadro 1, exposto previamente. Para facilitar o entendimento sobre o que consiste cada uma das fases da etapa 10, discutida nesse trabalho, foram demonstradas de modo simples as fases nos Quadro 2 e Quadro 3, que ilustra de modo visual cada uma das fases e no Quadro 4, que resume cada uma destas fases acima descritas.

Quadro 2 – Fases das Obras de Reforma e Revitalização da Ponte Hercílio Luz.

| | |
|--|--|
|  |  |
| Fase 1: Montagem das gruas e torres auxiliares. | Fase 2: Recuperação dos viadutos. |
|  |  |
| Fase 3: Transferência de carga. | Fase 4: Retirada das barras de olhal e cabos pendurais. |
|  |  |
| Fase 5: Recuperação da treliça do vão central pênsil. | Fase 6: Reforço das torres principais. |

Fonte: A autora (2019). Nossa Hercílio Luz (2018).

Quadro 3 - Fases das Obras de Reforma e Revitalização da Ponte Hercílio Luz.

| | |
|--|---|
|  |  |
| Fase 7: Recuperação dos maciços de ancoragem insular e continental. | Fase 8: Instalação das barras de olhal e cabos pendurais. |
|  |  |
| Fase 9: Transferência de carga. | Fase 10: Execução do tabuleiro da ponte. |
|  |  |
| Fase 11: Desmontagem das gruas e torres auxiliares. | Fase 12: Obra concluída. |

Fonte: A autora (2019). Adaptado de Nossa Hercílio Luz (2018).

Quadro 4 – Descrição das fases da obra da PHL.

| Fase | Descrição |
|---|---|
| Fase 1: Montagem das guas e torres auxiliares. | Instalação das guas e das torres auxiliares, responsáveis pela sustentação da estrutura durante a manutenção dos apoios do vão central da ponte e pela movimentação de cargas durante o processo. |
| Fase 2: Recuperação dos viadutos. | Substituição das longarinas e transversinas dos viadutos, além da recuperação das torres e fundações que os suportam. |
| Fase 3: Transferência de carga. | Transferência das cargas das estruturas principais para a estruturas provisórias de modo a aliviar as tensões e permitir a troca das peças que sustentam a ponte. |
| Fase 4: Retirada das barras de olhal e cabos pendurais. | Retirada dos cabos pendurais e barras de olhal, responsáveis pela sustentação do vão pênsil da estrutura da ponte. |
| Fase 5: Recuperação da treliça do vão central pênsil. | Recuperação da treliça metálica responsável pela transferência da carga do vão central aos cabos pendurais. |
| Fase 6: Reforço das torres principais. | Reforço das torres principais, além da ligação dessas com o solo. |
| Fase 7: Recuperação dos maciços de ancoragem insular e continental. | Recuperação do maciço de ancoragem insular e demolição e posterior reconstrução do continental para que seja garantida a correta sustentação das barras de ancoragem. |
| Fase 8: Instalação das barras de olhal e cabos pendurais. | Instalação das novas barras de olhal e cabos pendurais. |
| Fase 9: Transferência de carga. | Transferência das cargas das estruturas provisórias para as estruturas principais de modo que a ponte volte a sustentar as cargas da forma a qual foi projetada originalmente. |
| Fase 10: Execução do tabuleiro da ponte. | Execução do tabuleiro da ponte. Para essa etapa, optou-se pela substituição do pavimento asfáltico pela utilização de gradis metálicos. |
| Fase 11: Desmontagem das guas e torres auxiliares. | Desmontagem das guas e torres auxiliares responsáveis pela suspensão das cargas da ponte durante as obras de reabilitação. |
| Fase 12: Obra concluída. | Entrega da obra e abertura para o tráfego. |

Fonte: A autora (2019). Adaptado de Nossa Hercílio Luz (2018).

As doze grandes fases das obras de reabilitação e restauração da Ponte Hercílio Luz, contidas na etapa 4 do Quadro 1, podem ser divididas da seguinte forma:

Na fase 1, montagem das guias e torres auxiliares, instalou-se as pontes auxiliares, que serviram como estrutura provisória de apoio para a sustentação da estrutura necessária para fazer a manutenção das partes da ponte, além de permitir que fossem apoiados os macacos hidráulicos que sustentaram a ponte durante a troca da sustentação permanente. Foram instaladas também as guias, que eram responsáveis pelo içamento de muitos materiais utilizados ao longo da obra.

A fase 2, recuperação dos viadutos consistiu na troca de longarinas e transversinas dos viadutos insular e continental que estavam em estado de degradação avançado, além da recuperação das torres e fundações que as sustentavam.

Na fase 3, a transferência de carga, sucedeu-se a transferência da carga das barras de olhal e cabos pendurais diretamente para os macacos hidráulicos e, em sequência, às estruturas de sustentação provisórias montadas anteriormente, na fase 1.

A fase 4 consistiu na troca das barras de olhal e cabos pendurais, que nessa obra são responsáveis pela sustentação da ponte.

A fase 5 englobou a recuperação da treliça do vão pênsil, responsável pela transferência da carga do vão central aos cabos pendurais e, conseqüentemente, às barras de olhal, aos maciços de ancoragem e às fundações.

Na fase 6 foi realizada o reforço das torres principais de apoio do vão pênsil e dos viadutos, além do apoio dessas com o solo.

A fase 7 consistiu na recuperação dos maciços de ancoragem insular e continental, que garantem a transferência da carga das barras de olhal às fundações. O maciço insular foi recuperado e, o continental, reconstruído.

Na fase 8, foi feita a instalação das barras de olhal e cabos pendurais. Os dois tipos de peças eram completamente novos.

A fase 9 consistiu na transferência de carga, na qual, após instaladas as barras de olhal e cabos pendurais, recuperada a treliça e concluída a recuperação dos maciços, a carga da ponte foi transferida das estruturas provisórias de sustentação para sua própria estrutura.

A fase 10 englobou a execução da superfície de rolamento da ponte, que inclui a instalação das transversinas auxiliares de sustentação dos gradis, além da instalação completa dos gradis metálicos utilizados como superfície de rolamento, objeto deste trabalho.

A fase 11 consiste na desmontagem das guias, responsáveis pelo içamento, transporte e instalação de materiais, e torres auxiliares responsáveis pela suspensão das cargas da ponte durante as obras.

A fase 12, por fim, representa a obra concluída e a abertura para o tráfego.

Essa foi a ordem geral dos procedimentos executados, porém, em alguns casos não era necessário que uma fase fosse totalmente completada para que outra fosse iniciada. A execução do tabuleiro, foco deste trabalho, por exemplo, foi iniciada antes da transferência de carga ter sido concluída.

1.1.3 Histórico da superfície de rolamento da Ponte Hercílio Luz

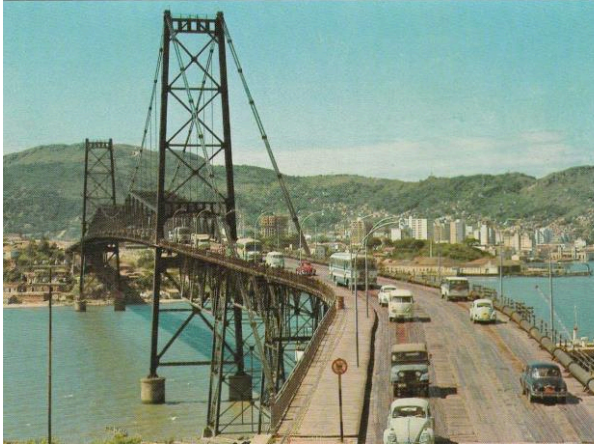



Segundo SIE (2019), a Ponte Hercílio Luz, quando foi inaugurada em 1926, tinha a superfície de rolamento composta por madeira, conforme observado na Figura 4 do Quadro 5.

Na primeira reforma, em 1968, foi inserido asfalto (vide Figura 5 do Quadro 5) no tabuleiro, o qual foi retirado em 1991, de forma a diminuir a carga suportada pela estrutura, conforme observado na Figura 6 do Quadro 5.

Na segunda reforma, iniciada em 2006, foi considerada a aplicação de placas ortotrópicas associadas ao *Dermasfalt*, opção que não foi implantada devido à escolha pela utilização dos gradis metálicos.

Seguida de anos de interdição e reformas, com a entrada da Teixeira Duarte, em 2016, iniciou-se atual etapa de reforma da Ponte Hercílio Luz na qual optou-se pela utilização de grades metálicas como superfície de rolamento, como mostra a Figura 7 do Quadro 5.

Quadro 5 – Fases da superfície de rolamento da PHL

| | |
|--|---|
| Figura 4 - Pavimento de madeira na PHL. | Figura 5 - Pavimento asfáltico na PHL. |
|  |  |
| Fonte: Acervo Deinfra (2019). | Fonte: Acervo Deinfra (2019). |
| Figura 6 - PHL com pavimento asfáltico retirado. | Figura 7 – Superfície de rolamento da PHL com gradis metálicos (em execução). |
|  |  |
| Fonte: NSC (2019). | Fonte: A autora (2019). |

Fonte: A autora (2019).

1.1.4 Caracterização da obra

A Ponte Hercílio Luz está localizada entre os pontos mais próximos da Beira-mar Norte e Beira-mar Continental, conforme Figura 8, e liga a Av. Jornalista Assis Chateaubriand, no centro, à Rua Fúlvio Aducci, no estreito.

De acordo com SIE (2019), a Ponte Hercílio Luz é uma estrutura metálica com extensão total de 821,1 metros e o peso total de cinco mil toneladas. A carga total suportada pelas barras de olhal é de 4.000 toneladas-força.

Figura 8 – Mapa de situação: localização da PHL.



Fonte: RMG Engenharia (2016).

O canteiro de obra central, onde ocorre a maioria das operações externas à ponte, é localizado na Beira Mar do Estreito, no continente. O canteiro do Saco dos Limões é onde muitos materiais são armazenados quando não há espaço em canteiros mais próximos do local de instalação das peças a serem armazenadas, porém é evitado devido à distância da obra. Outros canteiros de menor porte estão localizados embaixo do viaduto continental da ponte e nas cabeceiras insular (onde são localizados os escritórios) e continental (onde ficam dependências como o almoxarifado e refeitório) da obra da ponte.

Segundo Deinfra (2016), o valor orçado em proposta da empresa para Execução de serviços de execução das obras de restauração e reabilitação da Ponte Hercílio Luz foi de R\$262.925.435,21 (duzentos e sessenta e dois milhões novecentos e vinte e cinco mil quatrocentos e trinta e cinco reais e vinte e um centavos), acrescidos de um aditamento que resultou no valor final de R\$334.222.464,58 (trezentos e trinta e quatro milhões duzentos e vinte e dois mil quatrocentos e sessenta e quatro reais e cinquenta e oito centavos). A ordem de serviço é assinada para a fase final da obra e o serviço executado pelo Grupo Teixeira Duarte, segundo Deinfra (2014).

A modalidade de licitação foi dispensa de licitação, segundo TCE (2016) com a justificativa de pertencer ao patrimônio histórico do estado de Santa Catarina.

A fiscalização das empresas responsáveis pelas obras de restauração e reabilitação da Ponte Hercílio Luz é feita pelo Deinfra. A RMG Engenharia LTDA tem a função de projetista, assessoramento técnico e supervisão, enquanto que a Teixeira Duarte S. A. é a empresa executora dos projetos. Os escritórios da SIE e das empresas responsáveis são localizados na cabeceira insular da ponte, na Av. Jornalista Assis Chateaubriand, 71 no centro de Florianópolis/Santa Catarina.

1.2 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO

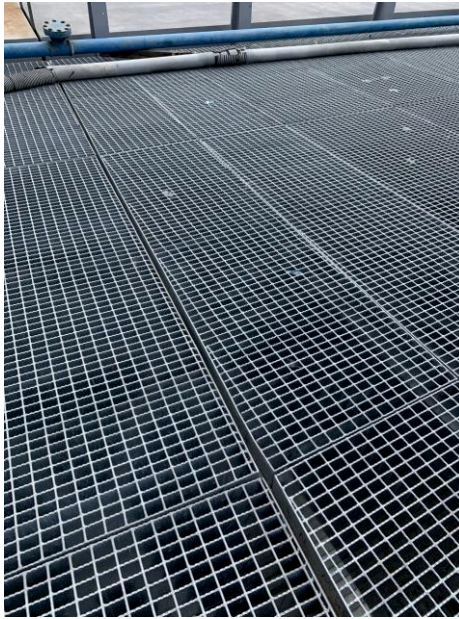
O tipo de superfície de rolamento adotado em pontes costuma ser à base de pavimento asfáltico. Na Ponte Hercílio Luz, porém, decidiu-se pelo uso das grades metálicas como superfície de rolamento.

Esse tipo de superfície de rolamento é vantajoso quando é desejável diminuir o peso da estrutura ou é necessária uma construção rápida. Tipicamente gradis metálicos são mais leves do que a mesma estrutura de concreto (FHWA, 2015). No caso da Ponte Hercílio Luz, a escolha foi feita para deixar a estrutura mais leve. Segundo FHWA (2015), esse tipo de superfície de rolamento é muito comum em manutenção de pontes, quando a estrutura original havia sido instalada bastante tempo antes e incomum quando da construção de uma estrutura nova.

Segundo os entrevistados E07 e E11, a justificativa da adoção de gradis metálicos ao invés da alternativa anterior, análoga àquela presente na Ponte Pedro Ivo Campos, placas ortotrópicas com adição de *Dermasfalt* em cima, foi principalmente econômica. De acordo com o entrevistado E11, um orçamento feito em 2002, com a alternativa semelhante à outra ponte teria um custo mais alto do que a utilização dos gradis metálicos, orçado em 2013.

Outra vantagem da adoção dos gradis é a facilidade da manutenção em comparação ao asfalto, segundo E07. Como as peças têm instalação independente umas das outras, conforme Figura 9, caso haja um problema em alguma delas ou na estrutura inferior da ponte, é possível realizar a troca ou retirada de apenas uma unidade, ao invés de mobilizar uma grande área para a manutenção.

Figura 9 – Gradis com instalação independente



Fonte: A autora (2019).

A adoção dos gradis em detrimento do pavimento tradicional asfáltico, pelo fato de a malha ser aberta, como pode ser observado em Figura 10 e Figura 11, dispensa o projeto de drenagem, a qual acontece com a água escorrendo entre as aberturas do gradil. Além disso, a lavagem da ponte é necessária com menos frequência do que em uma ponte com pavimentação tradicional, visto que a chuva retira impurezas da superfície de forma natural.

Figura 10 – Drenagem da PHL



Fonte: A autora (2019).

Figura 11 – Superfície de rolamento vista de baixo



Fonte: A autora (2019).

Busca-se, nesse trabalho, a partir do acompanhamento diário da evolução da obra, a descrição do procedimento executivo dos gradis metálicos utilizados como superfície de rolamento na Ponte Hercílio Luz, de modo a promover a compreensão de seu funcionamento e a possibilidade da escolha por tomadores de decisão pela utilização deste método e procedimento executivo em obras futuras de pontes metálicas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos Gerais

Os objetivos gerais deste trabalho são acompanhar e descrever o procedimento executivo dos gradis metálicos utilizados na pavimentação da Ponte Hercílio Luz.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Acompanhar o procedimento de instalação da superfície de rolamento de gradis metálicos;
- b) Documentar o processo de execução.

1.4 ESCOPO E LIMITAÇÕES

No presente trabalho estudou-se os gradis metálicos utilizados como superfície de rolamento da Ponte Hercílio Luz em Florianópolis, Santa Catarina. Constitui-se do acompanhamento do procedimento executivo e do registro da sua execução. Portanto, o estudo do procedimento executivo dos outros elementos da ponte foge do escopo deste trabalho.

A descrição do processo de fabricação dos gradis não pertence ao trabalho, pois as grades eram encomendadas para terceiros.

A parte relacionada à prova de carga que resulta na liberação de tráfego é apenas citada, mas o procedimento também não pertence ao escopo deste trabalho devido aos documentos relativos ao estudo não terem sido emitidos até a conclusão deste TCC.

Consta nesse documento a utilização e funcionamento das juntas de dilatação utilizadas entre o vão central e os viadutos de acesso, porém o procedimento executivo dessas peças não está no escopo deste trabalho por ter sido realizado após o período de coleta de dados deste trabalho.

As informações acerca da orçamentação da obra não estão presentes nesse trabalho.

Além disso, os documentos relacionados à manutenção das placas de gradil não foram emitidos durante a realização deste trabalho e, por isso, não consta no escopo o seu detalhamento.

O acesso aos dados foi facilitado devido ao estágio da autora entre os meses de Janeiro e Dezembro de 2019 no órgão fiscalizador da obra (SIE), além da facilidade de comunicação com as empresas projetista e executora, que também foi necessária na a busca por algumas informações.

O longo período transcorrido desde a primeira interdição da obra até os dias atuais e o grande número de empresas que participaram da obra tornaram dificultoso o acesso a dados anteriores a 2016, como os relativos ao histórico.

Para este trabalho considerou-se sinônimos de “gradil” os termos: “placas de gradil”, “placas”, “peças de gradil”, “peças” e “grades metálicas”; de modo a evitar a repetição exagerada da palavra dada a necessidade frequente da menção do componente da superfície de rolamento.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é constituído por seis capítulos. No Capítulo 1, é feita uma breve introdução ao tema do procedimento executivo adotado nas grades metálicas da superfície de rolamento da Ponte Hercílio Luz e a motivação para a elaboração deste trabalho. É apresentada brevemente a obra da Ponte Hercílio Luz, sua importância histórica, seu histórico e como o tema do trabalho está nela inserido, assim como a relevância do tema. São apresentados também os objetivos do trabalho e a sua estruturação.

O Capítulo 2 compreende a revisão bibliográfica, que aborda alguns conhecimentos básicos sobre pontes e suas partes, além de conter algumas informações sobre manutenção e reabilitação deste tipo de construção, as partes mais características da ponte e algumas técnicas específicas utilizadas na recuperação da Ponte Hercílio Luz.

No Capítulo 3 descreve-se a metodologia empregada para a elaboração do trabalho.

O Capítulo 4 apresenta os resultados e discussões acerca destes, que compreendem além dos aspectos do projeto da superfície de rolamento da Ponte Hercílio Luz como a descrição do produto e características técnicas, ainda o planejamento da obra e a descrição do procedimento executivo das grades metálicas. Apresenta-se, também, informações sobre os problemas encontrados na instalação das placas de gradil e sobre o uso da pista de rolamento.

Por fim, no Capítulo 5 são encontradas as conclusões do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 REABILITAÇÃO, MANUTENÇÃO E SUBSTITUIÇÃO

Questiona-se muito acerca da opção pela reabilitação da Ponte Hercílio Luz em detrimento da sua substituição. Para embasar esse trabalho, foram buscadas informações acerca da escolha por reabilitação em pontes.

Não foram encontrados documentos genéricos sobre a manutenção de pontes no Brasil, então, baseou-se a pesquisa em guias de outros países, principalmente dos Estados Unidos. Ainda assim, a maioria dos documentos relacionados ao tema refere-se à manutenção de pontes específicas, o que torna essas informações muito generalizadas e foge da singularidade da Ponte Hercílio Luz, objeto de trabalho desse estudo.

“Pontes históricas são *links* importantes com o nosso passado, servem como vias de transporte seguras e vitais no presente e podem representar recursos significantes no futuro” (KLEIN e DELONY, 2005, tradução da autora). A reabilitação mantém as características principais de engenharia de uma ponte além de normalmente representar economias (KLEIN e DELONY, 2005).

Desde a época da construção das pontes romanas, as pontes têm um valor histórico e cultural, além de serem alguns dos elementos mais valorizados como herança mundial. (RIVEIRO et al. apud CESSONS et ALVARADO-BLANCO). Pontes são parte importante da herança cultural mundial e a significância desse tipo de estrutura foi marcado também durante a Idade Média, Revolução Industrial e o final do século XIX (JAJAC et al. apud RADIC) – período que precedeu a construção da Ponte Hercílio Luz, em 1922.

De acordo com RIVEIRO et al. (2011) em um estudo sobre pontes históricas na região da Galiza, as pontes históricas representam grande valor cultural por evidenciar o modo de vida da população na época em que foram construídas e os movimentos da população. Ainda segundo RIVEIRO et al. (2011), muitas vezes a conservação desse tipo de obra não é tão evidenciada pela falta de conhecimento e sensibilidade dos políticos sobre o tema.

Num estudo que buscou quantificar os aspectos que chegassem ao método mais aceitável de escolha do método mais indicado de reabilitação para pontes

histórias, JAJAC et al. (2017) dividiu os fatores em três grandes ramos: maximização de aspectos construtivos, maximização de aspectos econômicos e maximização de aspectos sociológicos, que se subdividiam da seguinte forma:

Tabela 1 – Critérios utilizados no estudo de JAJAC et al. (2017) para determinar o método de reabilitação de uma ponte

| | |
|---------------------------------------|---|
| Maximização dos aspectos construtivos | Avaliação da simplicidade construtiva do design (mais complexa tem maior valor histórico). |
| | Tempo levado na construção (mais tempo exige maior tempo de manutenção). |
| | Manutenção requerida. |
| Maximização dos aspectos econômicos | Custo de construção. |
| | Custo de deposição de material a ser descartado (deslocamento, custo de depósito). |
| | Custo de retirada de partes da ponte (custo da retirada de partes danificadas). |
| Maximização dos aspectos sociológicos | Qualidade das conexões de transporte (conexões com estradas adjacentes - acessos). |
| | Atração turística (uso, locação e estética). |
| | Preservação do patrimônio histórico (se a reabilitação vai respeitar as características originais). |
| | Justificativa ecológica (implicações da destruição da ponte para a natureza). |

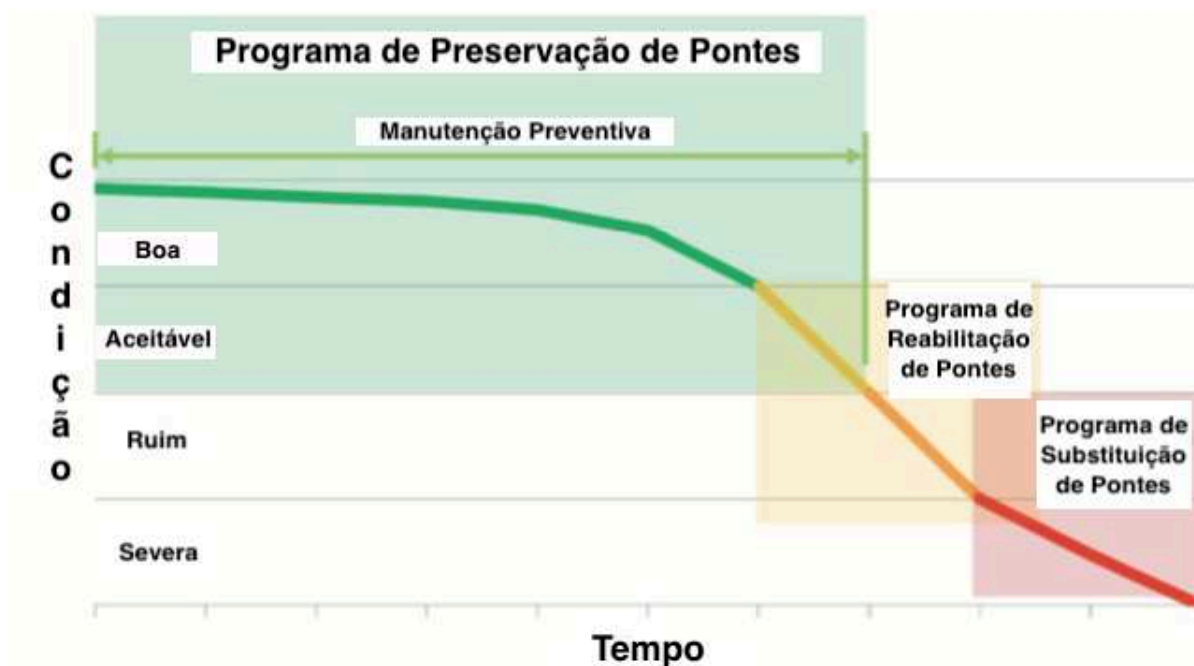
Fonte: A autora (2019), baseado em JAJAC et al. (2017).

A Tabela 1 resume os critérios estabelecidos para determinar o melhor método para manutenção de uma ponte segundo JAJAC (2017). É possível determinar então, com base na tabela acima alguns dos principais critérios considerados para avaliar a necessidade da reabilitação de uma ponte.

De acordo com Federal Highway Administration (FHWA - 2016), a preservação de pontes pode ser definida por um trabalho que é planejado e realizado de modo a melhorar ou garantir as condições das instalações de transporte, normalmente sem aumentar capacidade ou valor estrutural, mas sim reparar as condições originais. A manutenção, para Federal Highway Administration (2016), porém, é um trabalho realizado para manter as condições do sistema de transporte ou retomar a instalação aos estados funcionais de operação.

É recomendado por Federal Highway Administration (2018) que sejam feitas manutenções periódicas em pontes de modo a mantê-las em estado de conservação aceitável e postergar a necessidade de reabilitação ou substituição. A Figura 12 é uma representação da condição de uma ponte ao longo do tempo.

Figura 12 – Condição de uma ponte ao longo do tempo



Fonte: Adaptado de FHWA (2018).

Como pode ser observado na Figura 12, é ideal que as pontes recebam manutenção preventiva, de forma a não chegar nas condições ruim e, principalmente, severa.

Segundo FHWA (2018), uma ponte é considerada no estado de conservação ruim quando apresenta problemas como perda de seção transversal avançada, deterioração ou desgaste das fundações. O estado de conservação severo pode ser considerado a partir do momento em que os problemas apresentados no estado de conservação ruim começam a intensificar-se e afetar componentes estruturais primários. A partir das condições ruins, é recomendado pela FHWA a reabilitação ou substituição da ponte, dependendo do caso.

Para o caso de pontes em condições ruim ou severa, segundo Transportation Research Board (2007), nos Estados Unidos não existem diretrizes de tomada de decisão que especifiquem se uma ponte deve ser reabilitada ou substituída. A decisão, então, é feita baseada nos seguintes critérios:

a) Significância histórica de uma ponte

Segundo Transportation Research Board (2007), nos Estados Unidos, as pontes são avaliadas pelo Critério de Registro Nacional e podem ser consideradas mais ou menos significantes pelo tipo de tecnologia utilizada, como por exemplo treliça conectada por pinos (caso da Ponte Hercílio Luz) ou localização em zona histórica. Pontes historicamente importantes então, costumam ser reabilitadas. A Ponte Hercílio Luz, por ser considerada Patrimônio Histórico, Artístico e Arquitetônico de Santa Catarina, não poderia ser substituída por uma réplica, segundo SIE (2019).

b) Classificação do valor histórico de uma ponte

Para o Transportation Research Board (2007), uma ponte de importância local ou regional normalmente tem média relevância histórica, enquanto uma ponte importante estadual ou nacionalmente normalmente tem mais alto valor histórico. Segundo o TRB (2007), tipos raros de um tipo de ponte ou aplicações muito antigas de algum tipo de tecnologias são consideradas também de alto valor histórico. A Ponte Hercílio Luz, por exemplo, é a única ponte pênsil existente atualmente formada por barras de olhal sustentando a treliça.

De acordo com TRB (2007), pontes com elevado valor histórico merecem mais cuidado e esforço na manutenção do que aquelas com valor histórico reduzido.

Os critérios acima descritos, segundo TRB (2007), têm a função de balizar os responsáveis pelas decisões com considerações que definem quando uma reabilitação é prudente e exequível ou quando não é viável. Ainda, de acordo com TRB (2007), a reabilitação de uma ponte histórica só é válida quando essa permanece com as mesmas características da original, como design e capacidade de carga.

A escolha entre fazer a reabilitação de uma ponte ou substituí-la por outra nova é, então, um processo dependente de diversos fatores e deve ser analisada caso a caso.

De acordo com as descrições das fases de FHWA (2018), no momento que houve interdição da Ponte Hercílio Luz em 1982, essa enquadrava-se no estágio de

deterioração severa e era necessário que fosse realizado seu diagnóstico. Decidiu-se, então, pela reabilitação da Ponte Hercílio Luz.

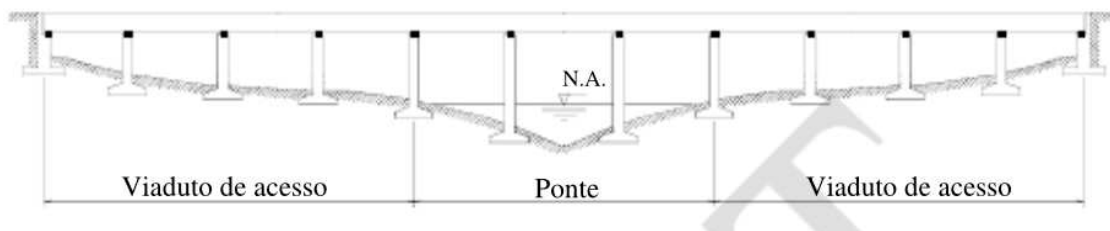
2.2 PONTE

O conceito de ponte pode ser compreendido através de:

Denomina-se ponte a obra destinada à transposição de obstáculos à continuidade do leito normal de uma via, tais como rios, braços de mar, vales profundos, outras vias etc. Quando a ponte tem por objetivo a transposição de vales, outras vias ou obstáculos em geral não constituídos por água é, comumente, denominada viaduto. (PFEIL, 1979).

Uma ponte tal qual a Hercílio Luz, portanto, é formada por dois viadutos de acesso nas cabeceiras insular e continental que dão acesso à ponte propriamente dita, conforme Figura 13.

Figura 13 - Viadutos de acesso e ponte



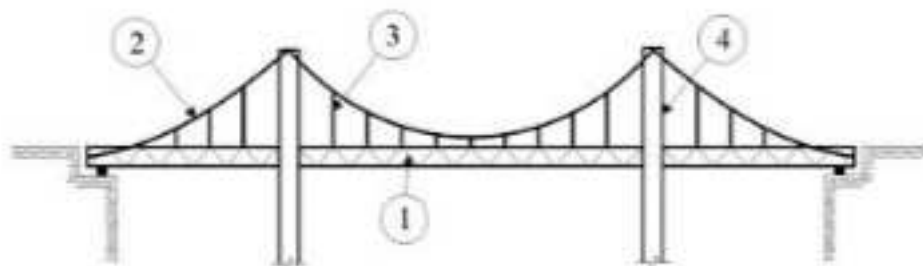
Fonte: Debs (2007)

2.3 PONTE PÊNSIL

Ponte pênsil pode ser entendido por:

“As pontes pênséis são constituídas por cabos dispostos parabolicamente e pendurais verticais conforme a Figura 14. Não são estruturas apropriadas para concreto e por isso são executadas geralmente em vigamentos metálicos suspensos em cabos portantes de aço. Os vigamentos, que podem ser em treliças ou vigas de alma cheia, devem ter grande rigidez à flexão e principalmente à torção, de modo a minimizar os efeitos dos movimentos vibratórios transversais que podem causar desconforto aos usuários ou mesmo risco à estrutura”. (VITÓRIO, 2002)

Figura 14 - Esquema de uma ponte pênsil: 1 viga metálica; 2 cabo portante; 3 pendurais de suspensão de vigamento ao cabo portante; 4 torres de apoio do cabo portante



Fonte: Vitório (2002)

A Ponte Hercílio Luz é uma ponte pênsil que difere do tradicional, pois, ao invés dos cabos portantes, apresenta barras de olhal sustentando todo o vão central, conforme item 2.4.4. Além disso, os pendurais de suspensão existem apenas no vão central (observar Figura 15), de modo que a treliça é suportada pelos cabos pendurais, suportados pelas barras de olhal, que são apoiadas nas torres e ancoradas nos maciços de ancoragem.

2.4 PARTES DA PONTE HERCÍLIO LUZ

Na Figura 15 é possível observar as partes constituintes da Ponte Hercílio Luz, que consiste em dois viadutos de entrada e saída da ponte, um no lado insular e outro no lado continental, além do vão central pênsil. A extensão total da ponte é de 821,1m.

Figura 15 – Principais partes constituintes da PHL.



Fonte: Deinfra (2017).

2.4.1 Viadutos De Acesso

Ainda de acordo com PFEIL (1979), a transposição de um rio situado em um vale muito aberto requer, às vezes, além da construção da ponte, a construção de obras de acesso que podem ser constituídas por aterros ou por viadutos que, nesses casos, denominam-se viadutos de acesso, como ilustrado na Figura 16.

Figura 16 – Viadutos de acesso em uma ponte.



Fonte: PFEIL (1979).

Os viadutos da Ponte Hercílio Luz estão representados na Figura 15 e apresentam o nome de “Rampa Insular” e “Rampa Continental”.

Neste trabalho, portanto, ao referir-se a “viaduto insular” ou “viaduto continental”, refere-se aos viadutos de acesso à parte central da PHL, em oposição aos viadutos encontrados em rodovias que têm a função de transpor pistas de rolamento em níveis inferiores.

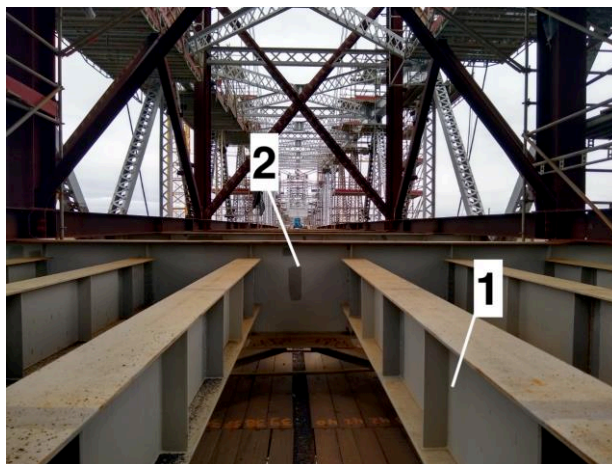
2.4.2 Longarinas E Transversinas Estruturais

De acordo com Michaelis (2015), longarina é “cada uma das vigas longitudinais, de concreto armado, madeira, ferro ou aço, sobre as quais se assenta uma plataforma ou uma estrutura” ou ainda para Michaelis (2015), “barra longitudinal sobre a qual se assenta o tabuleiro de uma ponte”.

Ainda de acordo com Michaelis (2015), transversina pode ser descrita como “viga fixada nas laterais, de acordo com a largura de uma estrutura”.

Na Figura 17 é possível observar as longarinas estruturais (1) e as transversinas estruturais (2) instaladas no vão central da Ponte Hercílio Luz, recuperadas, antes da instalação das transversinas auxiliares para apoio da superfície de rolamento.

Figura 17 – 1) Longarinas estruturais da PHL; 2) Transversinas estruturais da Ponte Hercílio Luz

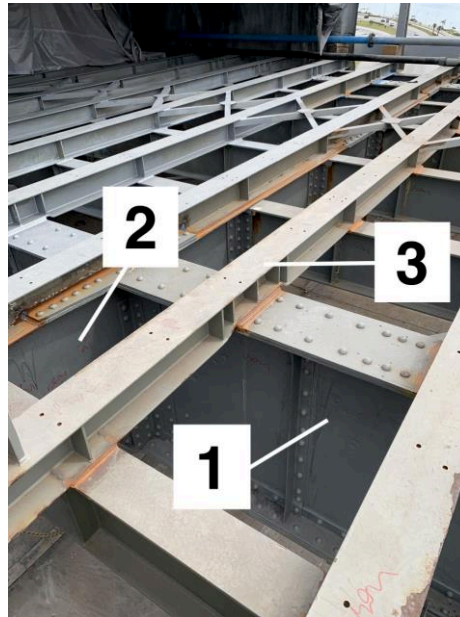


Fonte: A autora (2019).

2.4.3 Transversinas De Apoio Das Grades Metálicas

Além das longarinas e transversinas estruturais, na PHL, houve a necessidade da instalação das transversinas auxiliares, para apoio das grades metálicas. Essas consistem em vigas instaladas na posição transversal em relação ao comprimento da ponte, que estão apoiadas nas longarinas e transversinas estruturais e recebem as cargas do peso próprio dos gradis e as que nele forem aplicadas. Na Figura 18 podem se observadas as longarinas e os dois tipos de transversinas.

Figura 18 – Longarinas e transversinas diversas (1- Longarina Estrutural; 2- Transversina Estrutural; 3- Transversina de Apoio das Grades Metálicas)



Fonte: A autora (2019).

2.4.4 Barras De Olhal

As barras de olhal são conjuntos de barras que, interligadas por pinos e associadas em sequência, suportam a estrutura do vão central. No caso da ponte Hercílio Luz, cada conjunto é formado por quatro barras de olhal. Foram essas peças que romperam na Silver Bridge e provocaram seu colapso. Por esse motivo, analisou-se o estado das barras da PHL e decidiu-se pela sua interdição em 1982.

Na PHL, as barras encontravam-se em estado passível de cuidados. Na ocasião da reabilitação, todas as barras foram substituídas e alguns conjuntos podem ser observados na Figura 19. Os conjuntos de duas barras foram substituídos por conjuntos de quatro barras, segundo SIE (2019).

Figura 19 – Barras de olhal instaladas na Ponte Hercílio Luz

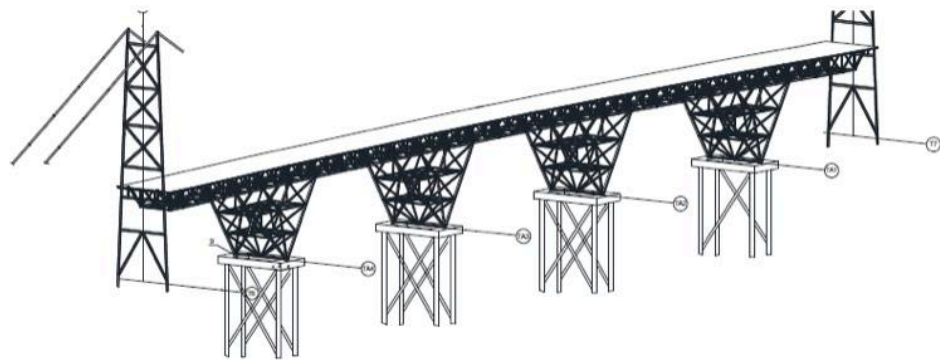


Fonte: A autora (2019).

2.5 TRANSFERÊNCIA DE CARGA

Segundo Teixeira Duarte (2016^a), para que fosse feita a troca das barras de olhal, foi necessário um processo chamado de transferência de carga. A primeira etapa foi feita através do macaqueamento de 10cm do vão central e seu resultado foi o alívio de cerca de 20% da carga nas torres. Após esta etapa, foram instaladas estruturas auxiliares superiores que permitiriam a posterior substituição das barras de olhal. O próximo passo foi o macaqueamento de mais 50cm do vão central, e a instalação das estruturas auxiliares inferiores, representadas na Figura 20 que resultou no alívio de 100% da tensão nas barras de olhal e nos pendurais e permitiu sua remoção. A carga da plataforma suportada pelas barras de olhal, passando pelos cabos pendurais e pelas torres, teve de ser transferida para as estruturas provisórias instaladas para a reforma da estrutura. Após a troca das barras de olhal, foi feito o processo inverso para que as novas barras voltem a cumprir sua função.

Figura 20 – Estruturas provisórias inferiores para suporte do vão principal



Fonte: Teixeira Duarte (2018).

Durante o processo de transferência de carga, foram utilizados extensômetros e prismas para o controle da execução.

2.6 ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO NA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO DE UMA PONTE

Na superfície de rolamento de uma ponte, normalmente é realizado no pavimento o teste de aderência pneu-pavimento para verificar se o coeficiente de atrito deste é suficiente para conter possíveis acidentes na utilização. A aquaplanagem, segundo Nishicava (2015), ocorre quando o veículo, ao trafegar em alta velocidade na pista de rolamento, encontra um filme de água e não encontra resistência de atrito suficiente para mantê-lo aderido ao pavimento. A solução mais eficiente para esse tipo de problema é relacionada à correta drenagem da pista de rolamento para que evite-se o acúmulo de fluidos. Na Ponte Hercílio Luz, segundo entrevistado E01 não há necessidade desse teste, já que o acúmulo de água é impedido pela geometria das placas de gradil, cuja malha possibilita o escoamento, conforme Figura 10 e Figura 11.

3 MÉTODO

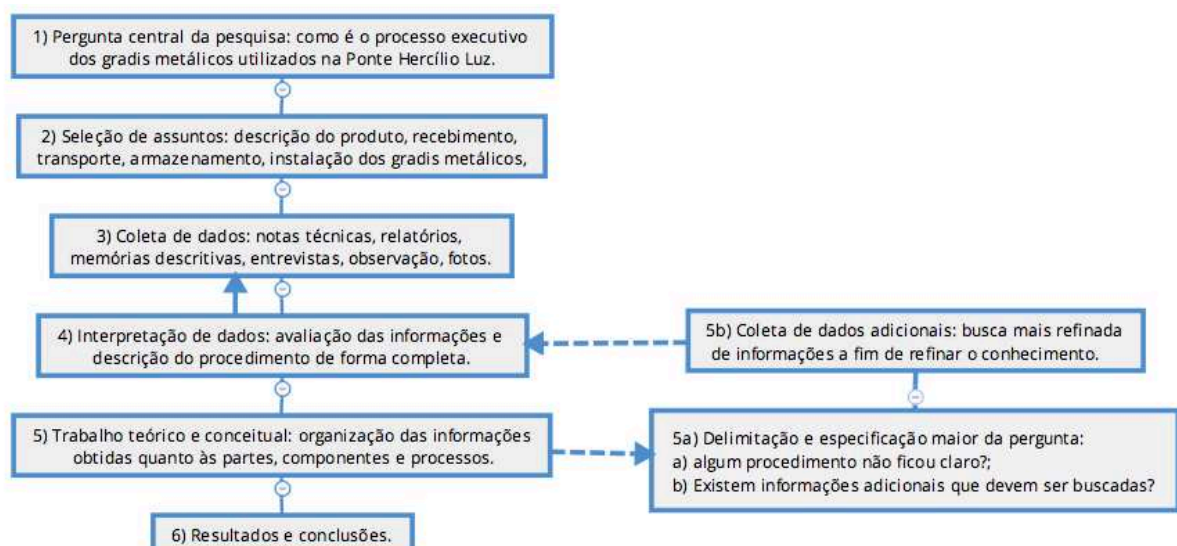
3.1 METODOLOGIA DO TRABALHO

Neste trabalho foi conduzida uma pesquisa qualitativa baseada na metodologia elaborada por Bryman (2008). Para o autor, o método pode ser resumido em seis passos, representados na

Figura 21. São eles: 1) Pergunta central da pesquisa; 2) Seleção de assuntos; 3) Coleta de dados; 4) Interpretação de dados; 5) Trabalho teórico e conceitual e 6) Resultados e conclusões.

Os passos de 1 a 3 consistem na busca de dados para o desenvolvimento da pesquisa. O quarto passo envolve a interpretação das informações coletadas e o passo 5, a utilização dos passos anteriores. Nessa etapa é delimitada a pergunta de pesquisa e é verificado se há necessidade de mais informações a serem pesquisadas. Caso afirmativo, é feita a coleta de dados adicionais, e caso negativo, obtém-se o resultado e a conclusão da pesquisa.

Figura 21 – Metodologia do trabalho



Fonte: A autora (2019), adaptado de Bryman (2008)

Neste trabalho de conclusão de curso, os passos foram seguidos da seguinte forma:

a) Pergunta central da pesquisa

Durante o estágio da autora na obra da revitalização e reabilitação da Ponte Hercílio Luz, observou-se características diferentes daquela obra que a destacavam de outras mais comuns. Um aspecto que despertou curiosidade foi a utilização de gradis metálicos para a superfície de rolamento da ponte, destacando-se da utilização de concreto. Ao pesquisar sobre o assunto, descobriu-se que é um método pouco frequente de executar as superfícies de rolamento de pontes.

Assim, surgiu o interesse pelo assunto e a possibilidade desse ser tratado como objeto de pesquisa do trabalho. Ao procurar informações sobre a superfície de rolamento, houve um interesse considerável no procedimento executivo, que é o foco deste trabalho.

b) Seleção de assuntos

A escolha do tema surgiu a partir da observação de uma parte específica da obra então, a seleção do assunto deste trabalho foi baseada no procedimento executivo dos gradis metálicos da superfície de rolamento da Ponte Hercílio Luz.

Devido à ausência de informações adicionais sobre o procedimento além daquelas obtidas no processo construtivo da obra em questão, todas as informações acerca do procedimento foram obtidas na obra da Ponte Hercílio Luz.

O acompanhamento desta atividade foi realizado desde o início da execução das grades e, assim, todas as etapas do procedimento puderam ser observadas.

c) Coleta de dados

A maior parte das informações contidas neste trabalho é proveniente de relatórios técnicos, memórias descritivas, notas técnicas, observação acompanhada de fotos, dentre outros documentos. Porém, alguns procedimentos foram escolhidos através de entrevistas com engenheiros responsáveis ou funcionários das empresas Teixeira Duarte, RMG Engenharia e SIE.

De forma a identificar a proveniência de cada informação advinda de entrevista, foi elaborado o Quadro 6, onde é possível verificar algumas informações sobre os entrevistados, que foram obtidos a partir do critério de ser a pessoa com maior conhecimento sobre aquela informação específica. Todas as entrevistas foram realizadas no ano de 2019 e as informações, portanto, são referentes a esse ano.

Quadro 6 – Entrevistados para a obtenção de informações

| Código | Função | Órgão/Empresa | Tempo de experiência | Ano de entrevista |
|---------------|--|----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| E01 | Engenheiro Mecânico – Fiscal | Deinfra/SIE | 35 anos | 2019 |
| E02 | Encarregado | Teixeira Duarte | 35 anos | 2019 |
| E03 | Encarregado | Teixeira Duarte | 21 anos | 2019 |
| E04 | Engenheiro Civil – Responsável pelo monitoramento | Teixeira Duarte | 2 anos | 2019 |
| E05 | Engenheiro Mecânico – Projeto | Teixeira Duarte | 8 anos | 2019 |
| E06 | Engenheiro Civil – Engenheiro Responsável (Fiscal) | Teixeira Duarte | 20 anos | 2019 |
| E07 | Engenheiro Civil – Engenheiro Fiscal | Deinfra/SIE | 33 anos | 2019 |
| E08 | Operário | Teixeira Duarte | | 2019 |
| E09 | Engenheiro Civil – Engenheiro Responsável (Fiscal) | Deinfra/SIE | 38 anos | 2019 |
| E10 | Engenheiro Civil – Engenheiro Responsável (Fiscal) | RMG Engenharia | 39 anos | 2019 |
| E11 | Engenheiro Civil – Engenheiro Responsável (Fiscal) | Deinfra/SIE | 40 anos | 2019 |
| E12 | Engenheiro Mecânico | RMG Engenharia | 5 anos | 2019 |
| E13 | Engenheiro Civil | RMG Engenharia | 8 anos | 2019 |

Fonte: A autora (2019).

As informações referentes a anos anteriores à entrada da RMG Engenharia e da Teixeira Duarte foram obtidas a partir de entrevistados do Deinfra/SIE, além de informações sobre fiscalização. As informações relativas à execução, em geral, foram obtidas através de entrevistas com contratados da Teixeira Duarte, enquanto informações relativas ao projeto e fiscalização foram questionadas aos profissionais da RMG Engenharia.

A maioria das informações foi questionada a mais de um entrevistado, de modo a aumentar o nível de confiabilidade das informações.

As perguntas acerca dos procedimentos e técnicas eram dirigidas aos engenheiros responsáveis (como por exemplo, a justificativa técnica pela opção pelas grades metálicas em oposição ao pavimento asfáltico), enquanto que aquelas relacionadas ao procedimento eram feitas aos operários (como as perguntas acerca dos problemas encontrados na instalação).

À medida que o trabalho avançava e o método era desenvolvido, surgiam mais dúvidas em função da quantidade de detalhes que envolvia o procedimento, e mais entrevistas eram realizadas.

d) Interpretação de dados e e) Trabalho teórico e conceitual

A partir de documentos como projetos, relatórios, notas técnicas, memórias descritivas e de cálculo e de entrevistas, foi possível fazer a análise e a interpretação dos dados coletados. A partir disso, obteve-se o trabalho teórico, que consta na apresentação do procedimento executivo baseado nos registros e na vivência da obra.

A partir do documento “Memória Descritiva – Montagem do pavimento em grades metálicas”, por exemplo, foi possível compreender a necessidade da etapa de pré-montagem, na qual era feita a marcação da furação para, apenas após essa etapa, furar as transversinas auxiliares e encaixar as grades, conforme exposto no item 4.2.2.4.1.

A partir da observação em campo e das entrevistas foi possível compreender a necessidade do armazenamento dos gradis em diferentes canteiros, conforme o local de instalação, de acordo com o item 4.2.2.3.

Baseado na observação dos projetos foi possível compreender a necessidade dos diversos tipos de geometria apresentadas dentre os gradis.

Para os processos mais críticos para a execução dos gradis, a pré-montagem e a montagem, havia documentos que descreviam como deveria ser feito o processo, porém muitos detalhes não estavam documentados. Foi necessário então que fossem feitas entrevistas nas empresas responsáveis pela obra, Teixeira Duarte e RMG engenharia, além do órgão fiscalizador.

Em posse de todas as informações necessárias, foi possível finalizar o desenvolvimento do trabalho e verificar os resultados.

f) Resultados e conclusões

Como resultado deste trabalho foi obtido um registro do procedimento executivo dos gradis metálicos utilizados como método de pavimentação da Ponte Hercílio Luz e a discussão do resultado. Tais resultados encontram-se descritos no capítulo seguinte.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo aborda-se o procedimento executivo da superfície de rolamento da Ponte Hercílio Luz, além de aspectos de projeto e de execução.

4.1 ASPECTOS DO PROJETO DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO DA PONTE

Os aspectos do projeto da superfície de rolamento da ponte foram separados em itens para facilitar a compreensão.

4.1.1 Descrição do produto

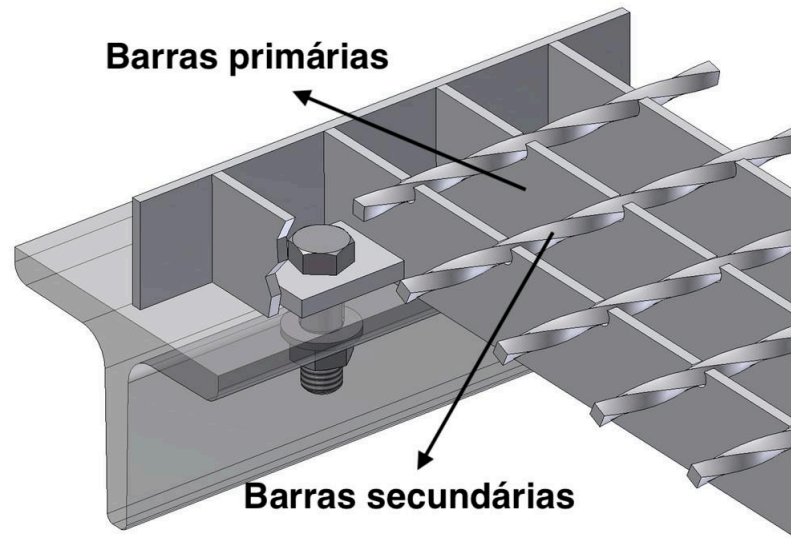
A descrição do produto foi separada em duas etapas, para a melhor compreensão dos produtos: Gradis Metálicos e Juntas de Dilatação. Os gradis metálicos, objeto desse trabalho, foram apresentados no procedimento executivo, enquanto que as juntas de dilatação foram apenas apresentadas para o melhor entendimento do funcionamento dos gradis.

4.1.1.1 Gradis Metálicos

A superfície de rolamento da Ponte Hercílio Luz, objeto deste trabalho, tem como destaque as placas de gradil metálico utilizadas na superfície de rolamento da referida ponte. As placas são apoiadas nas transversinas auxiliares que, por sua vez, são sustentadas pelas longarinas e transversinas estruturais, conforme descrito nos itens 2.4.3 e 2.4.2, respectivamente.

Segundo MARANGONI/MEISER (2016), empresa fabricante das grades metálicas utilizadas como superfície de rolamento na Ponte Hercílio Luz, as placas de gradil foram fabricadas pelo processo de prensagem das barras secundárias nas barras principais para o vão central pênsil e para ambos os viadutos de acesso da ponte. Nas Figura 22 e Figura 27 é possível observar as barras principais e secundárias das grades.

Figura 22 – Barras principais, secundárias e ligação gradil-transversina auxiliar



Fonte: Adaptado de Teixeira Duarte (2018b).

Para a fixação do gradil nas transversinas, como observado na Figura 24, foram utilizados parafusos, os quais prendem uma aba do gradil (mostrada em detalhe na Figura 26) disposta nas paredes laterais das placas nas transversinas auxiliares. Para a fixação do parafuso, foram colocadas arruelas, que eram instaladas por baixo da estrutura.

Além dos elementos descritos, uma chapa de zinco (como observado na Figura 24) foi inserida no projeto posteriormente, entre as transversinas auxiliares e as placas, devido à corrosão que poderia ocorrer a partir das fissuras que apareceriam devido ao atrito desses elementos. A chapa, então, funciona como um metal de sacrifício, além de proteger contra riscos e fissuras as transversinas auxiliares e, assim, evitar a corrosão.

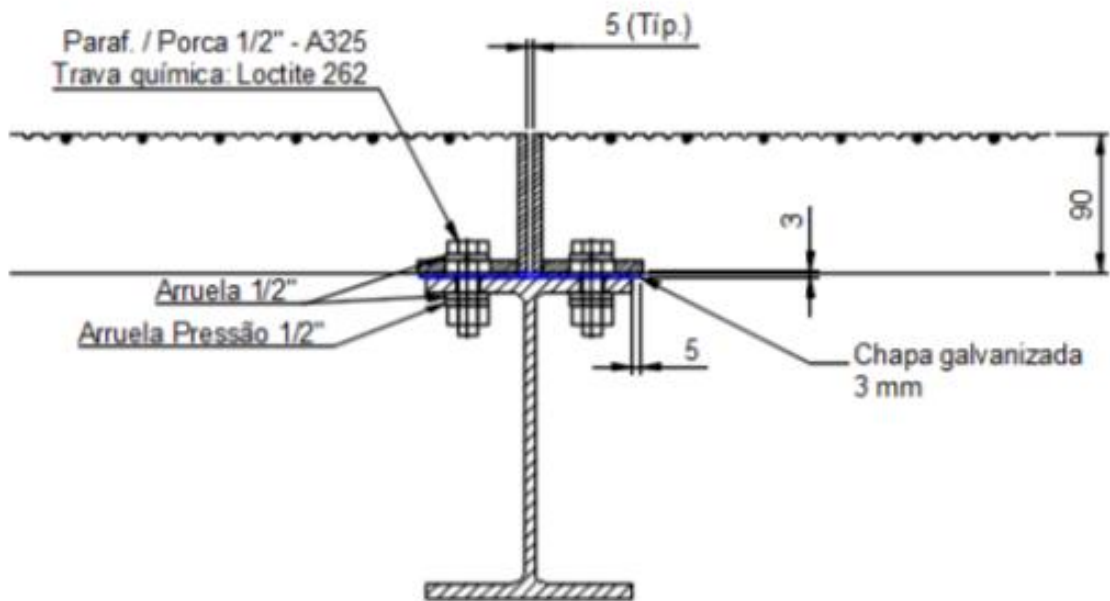
Figura 23 – Chapas galvanizadas instaladas sobre as transversinas auxiliares



Fonte: Teixeira Duarte (2019).

Segundo Teixeira Duarte (2018b) A fixação de cada painel é garantida por meio de 10 parafusos com diâmetro de meia polegada ($\frac{1}{2}$ ") galvanizados a fogo, como representados na vista superior da Figura 25 e no corte da Figura 24 e foram apertados com torquímetro calibrado com 137Nm. Essas condições garantem a fixação da grade com aplicação da carga máxima explicitada por norma, 135kN por painel, de acordo com a norma NBR7188.

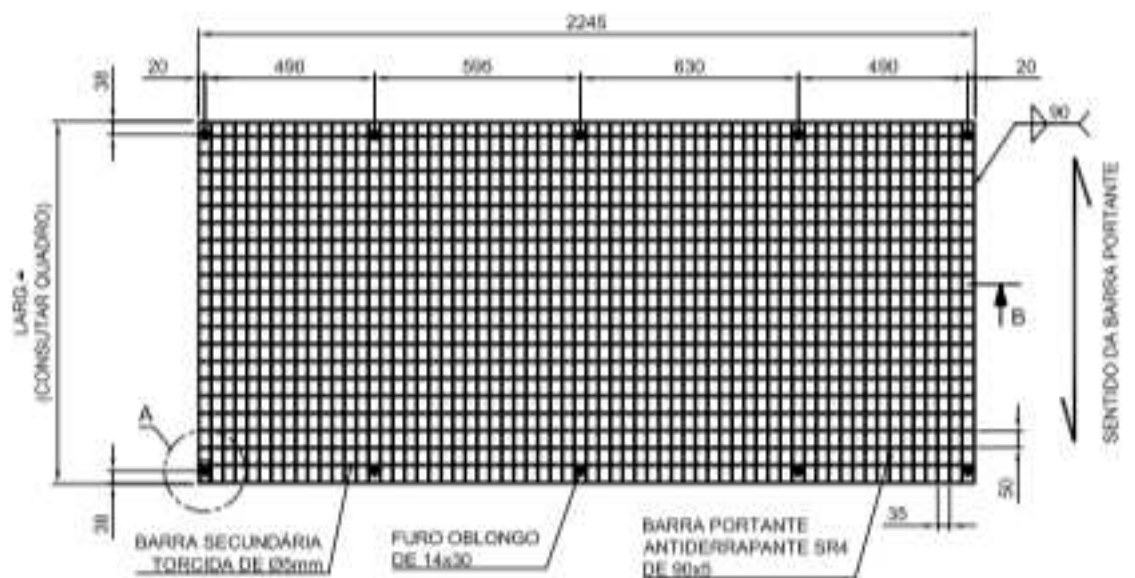
Figura 24 – Corte típico de fixação da grade



Fonte: Teixeira Duarte (2018b).

A malha é formada por furos de 50mmx35mm, representada fora de escala na Figura 25. Os parafusos são responsáveis por ligar a placa de gradil, a chapa metálica e a transversina de apoio dos gradis, e são fixados nas placas por meio de uma extensão das paredes externas dos gradis, como destacado na Figura 26.

Figura 25 – Vista superior de uma placa de gradil metálico



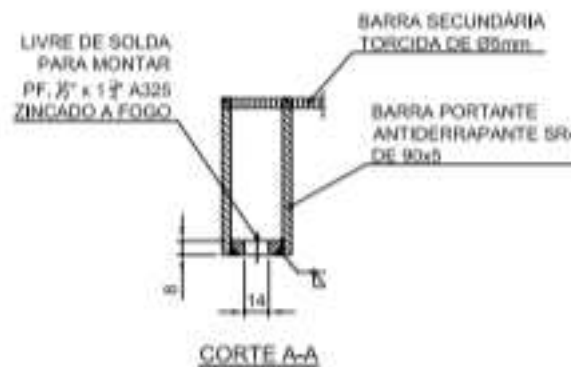
Fonte: Teixeira Duarte (2017).

Figura 26 – Detalhe da extensão das paredes externas do gradil para fixação das placas nas transversinas



Fonte: A autora (2019).

Figura 27 – Corte A-A de uma placa de gradil metálico



Fonte: Teixeira Duarte (2018b).

Ainda, de forma a garantir que os parafusos e as arruelas fossem apertados adequadamente, foi utilizado a trava química LOCTITE 262 de modo a evitar afrouxamentos, de acordo com Loctite (2016). Assim, a fixação fica ainda mais segura contra os impactos do tráfego de veículos.

Os elementos citados compõem a superfície de rolamento da Ponte Hercílio Luz. O funcionamento destes é descrito no item 4.2.2.

4.1.1.1.1 Características técnicas dos gradis metálicos

De acordo com Teixeira Duarte (2016^a), os gradis metálicos utilizados como superfície de rolamento na Ponte Hercílio Luz possuem barras principais constituídas por aço ASTM A512 Gr.50 (altura 90mm/espessura 5mm) com barras serrilhadas na face superior e barras secundárias que utilizam aço ASTM A512 Gr.50, em arame retorcido de diâmetro 5mm. O desenho das peças pode ser observado em Figura 22.

O tratamento anticorrosivo das placas de gradil é obtido pelo processo de galvanização por imersão a quente com espessura mínima de 100 micrômetros. As chapas, porém, são fabricadas com aço galvanizado e por isso atuam como metal de sacrifício.

Há variações de tamanhos das peças de gradil e, em decorrência disso, o peso é variável. O peso médio das placas é de 290kg, segundo Teixeira Duarte (2018c).

4.1.1.1.2 Projeto de paginação

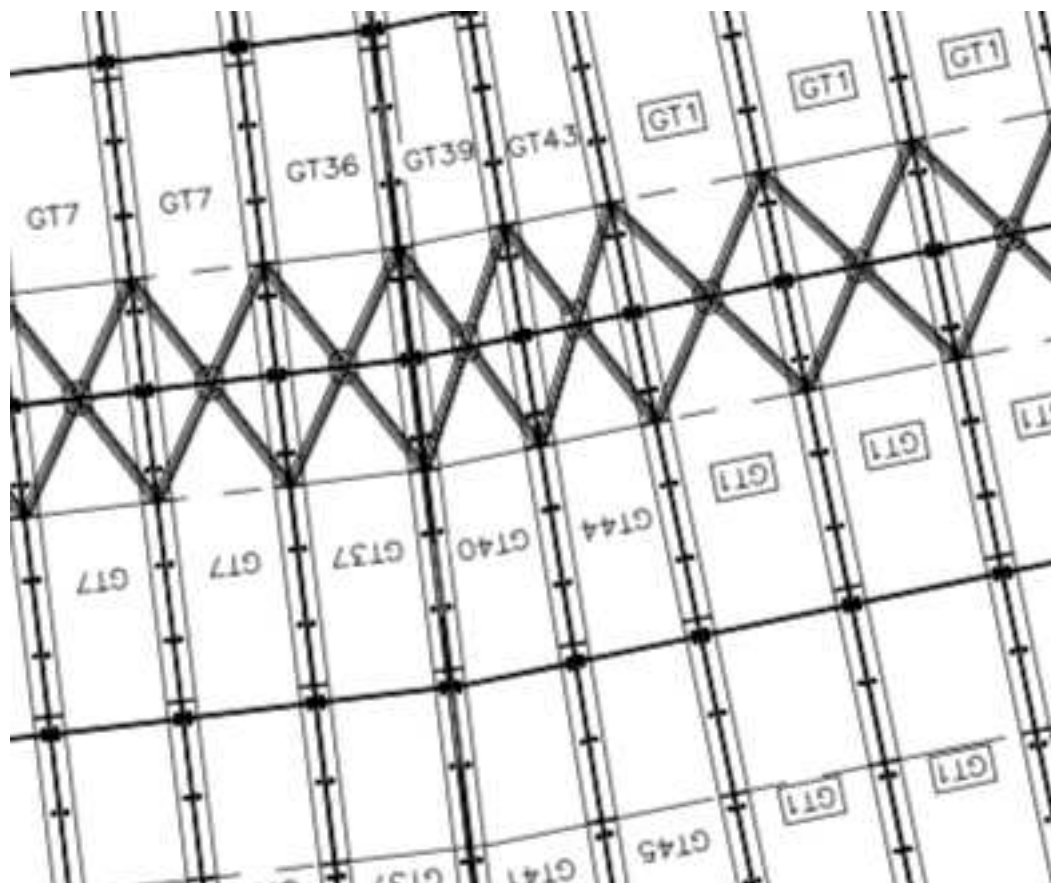
As grades, segundo Teixeira Duarte (2018b), têm o mesmo comprimento de 2245mm, com exceção daquelas nas regiões curvas, as quais têm o comprimento variável em sua extensão. A largura, porém, é variável de acordo com a disposição das grades no tabuleiro devido à geometria da estrutura metálica da ponte, que possui duas curvas, uma na entrada insular e outra na entrada continental, como pode ser observado no projeto de paginação. Por exemplo, observar as grades GT1, GT44 e GT40, nas Figura 28 e Figura 29, onde é possível perceber a diferença na geometria das peças.

Figura 28 – Detalhe do projeto de paginação do Viaduto Continental – Módulos MC26 e MC25



Teixeira Duarte (2018)

Figura 29 – Detalhe figura anterior

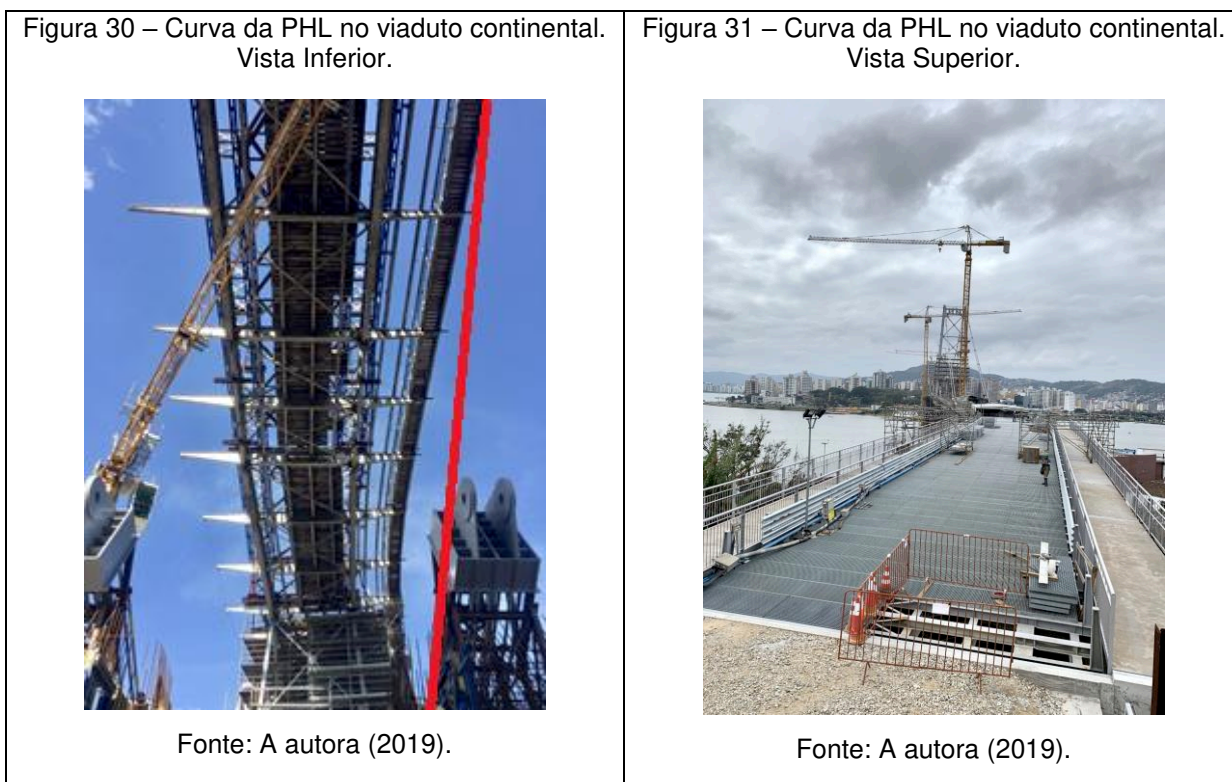


Fonte: Teixeira Duarte (2018).

A Figura 29 mostra o detalhe marcado em vermelho na Figura 28. De acordo com a observação destas figuras, é possível perceber que a placa GT01, por exemplo, difere da geometria das placas GT40 e GT44 (ambas visivelmente menos largas). Dessa forma, cada denominação diferente corresponde a uma geometria diferente. Os elementos em forma de “X” retratados nas duas figuras representam os contraventamentos contidos nas transversinas auxiliares, que mantêm a segurança da estrutura contra a ação do vento.

Nas fotos do Quadro 7, a seguir, é possível perceber a existência de curvas na Ponte Hercílio Luz, o que ocasionou em diferentes geometrias das placas ao longo da extensão do tabuleiro da PHL. Na Figura 30, que representa a vista inferior da ponte no lado continental, é possível ver a curva em comparação com a linha reta em vermelho (foto de março/2019, quando ainda não havia sido executada a superfície de rolamento) e na Figura 31, já com a pista de rolamento avançada, é possível observar a curva, na região próxima à grua, a partir da vista superior.

Quadro 7 – Curva da PHL no viaduto continental



Fonte: A autora (2019).

4.1.1.1.3 Quantitativo de peças dos gradis metálicos

As grades metálicas possuem tamanhos diferentes devido à geometria do tabuleiro. Apesar do comprimento da maioria das peças ser o mesmo, a largura varia de forma considerável para vencer desvios do projeto geométrico do tabuleiro. Grande parte das peças, porém, apresenta a mesma geometria, conforme pode ser observado na Tabela 1 a seguir.

No projeto da ponte existem 75 diferentes tipos de gradis, nomeados de GT1 a GT57, com algumas variações de algumas placas, como por exemplo, a placa GT1, que, além da GT1, apresenta a GT1A, GT1B e GT1C. As peças com o mesmo número têm a mesma largura, porém as que têm variações têm o comprimento e, conseqüentemente o peso, variados.

Os quatro modelos mais comuns são GT1, GT7, GT54 e GT55, representados na tabela abaixo:

Tabela 2 – Quantitativo de grades metálicas por tipo

| TIPO | QUANTIDADE | PORCENTAGEM |
|---------------|-------------------|--------------------|
| GT1 | 932 | 28% |
| GT7 | 632 | 19% |
| GT54 | 416 | 13% |
| GT55 | 864 | 26% |
| Outras | 444 | 14% |

Fonte: A autora (2019), baseado em Teixeira Duarte (2018c).

Como pode ser observado na Tabela 2, a maioria dos gradis consiste em quatro tipos, GT1, GT7, GT54 e GT55 que, somados, formam 86% dos gradis existentes na ponte. Isso se dá pelo fato de a parte mais expressiva da ponte não haver curvas. O fato de a maior parte das grades ser de quatro tipos predominantes facilita os processos de fabricação, transporte, armazenamento, montagem e manutenção, que serão abordados à frente, nos itens 4.2.2 Procedimento Executivo e 4.4.1 Manutenção.

4.1.1.2 Juntas de dilatação

Na instalação dos gradis, segundo os entrevistados E01 e E03, previu-se a existência de juntas simples de dilatação, que no caso da superfície de rolamento com utilização de gradis metálicos da Ponte Hercílio Luz consistiu em espaços vazios que servem para a dilatação térmica das placas.

As juntas foram previstas, em média, a cada 30m e foram instaladas nos viadutos insular e continental.

Nas Figura 32 e Figura 33 do Quadro 8 é possível observar a diferença entre os gradis justapostos com e sem a junta simples de dilatação separando-os.

Quadro 8 – Juntas simples de dilatação dos gradis

Figura 32 – Gradis justapostos sem a presença da junta simples de dilatação.



Fonte: A autora (2019).

Figura 33 – Gradis justapostos com a presença da junta simples de dilatação.



Fonte: A autora (2019).

Fonte: A autora (2019).

Nas divisões entre o vão central pênsil e o viaduto central e entre o vão central pênsil e o viaduto continental, porém, foi utilizada outra solução: as juntas de dilatação foram garantidas por meio da inserção de uma peça diferente, produzidas pela empresa Metasa. De acordo com E11 e E12, a necessidade das juntas é devida ao fato de que os viadutos, suportados pelas torres, são separados estruturalmente do vão central, que é suportado pela estrutura pênsil.

No vão central não havia a possibilidade de haver juntas simples de dilatação como as da Figura 33 do Quadro 8, pelo fato de se ser um vão pênsil. O vão central então funciona como uma peça inteira e sofre uma dilatação linear superior àquela dos viadutos, que é diluída nos trechos separados pelas juntas simples. Como as dimensões transversal e de altura das peças de gradil são muito pequenas em relação à longitudinal, é considerada que a dilatação que deve ser suportada pelas juntas da Figura 34 é a dilatação térmica linear (1), representada pela fórmula a seguir:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T \quad (1)$$

Onde:

ΔL = variação do comprimento;

α = coeficiente de dilatação linear;

L_0 = comprimento inicial;

ΔT = variação da temperatura.

De acordo com (1), a dilatação maior do vão central é devida às dimensões do trecho, visto que o coeficiente de dilatação linear dos gradis é constante ao longo de toda a ponte, por serem constituídos do mesmo material, e a variação de temperatura que deve ser suportada segundo o projeto também é a mesma. Dessa forma, o que rege a dilatação linear, neste caso, é apenas o comprimento e foi necessária a inserção das peças como na Figura 34, que suportam uma dilatação do que as da Figura 33.

Figura 34 – Juntas de dilatação entre o vão central e os viadutos



Fonte: A autora (2019).

4.2 EXECUÇÃO

Para melhor descrever, a execução da pista de rolamento foi separada entre as etapas de planejamento e execução da obra.

4.2.1 Planejamento

O planejamento da execução foi dividido entre as etapas de planejamento geral da execução, descrita no item 4.2.1.1 e sequência detalhada das atividades de execução, item 4.2.1.2, com o objetivo de facilitar o entendimento.

4.2.1.1 Planejamento geral da execução

No planejamento geral da execução descreve-se a inserção do procedimento executivo da pista de rolamento no contexto geral da obra. A etapa está descrita no item 1.1.2, especificamente na fase 2.

4.2.1.1.1 Ordem de instalação

A instalação dos gradis metálicos pode ser iniciada quando todos os serviços de reparação das estruturas nas quais se apoiam os gradis e nas partes da ponte que necessitam de andaimes para serem acessadas são finalizadas. Os andaimes, por sua vez, são apoiados nas estruturas que sustentam os gradis e, portanto, enquanto montados impedem a instalação dos gradis naquela área, conforme Figura 37 do Quadro 9. Era necessária, portanto, a finalização de serviços anteriores para que fossem instalados os gradis na respectiva área.

A montagem dos gradis não teve uma ordem definida para instalação por serem placas independentes, como pode ser observado em Figura 36 no Quadro 9. A instalação iniciou-se, porém, apenas quando foram finalizados os serviços de manutenção e substituição das longarinas e transversinas estruturais da ponte, representado na Figura 35 do Quadro 9, pois as grades metálicas foram instaladas sobre essas peças.

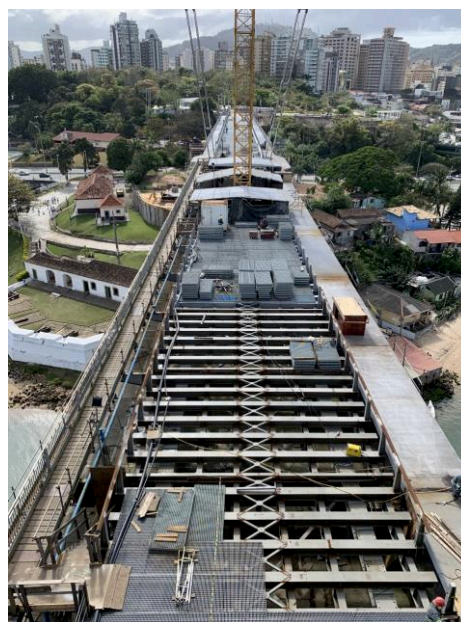
Quadro 9 – Figuras do planejamento geral

Figura 35 – Longarinas e Transversinas estruturais recuperadas.



Fonte: A autora (2019).

Figura 36 - Instalação dos gradis.



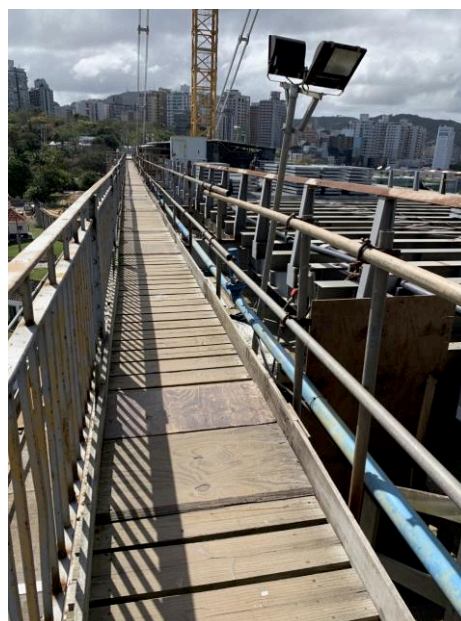
Fonte: A autora (2019).

Figura 37 – Vão central pênsil ocupado pelas EAS.



Fonte: A autora (2019).

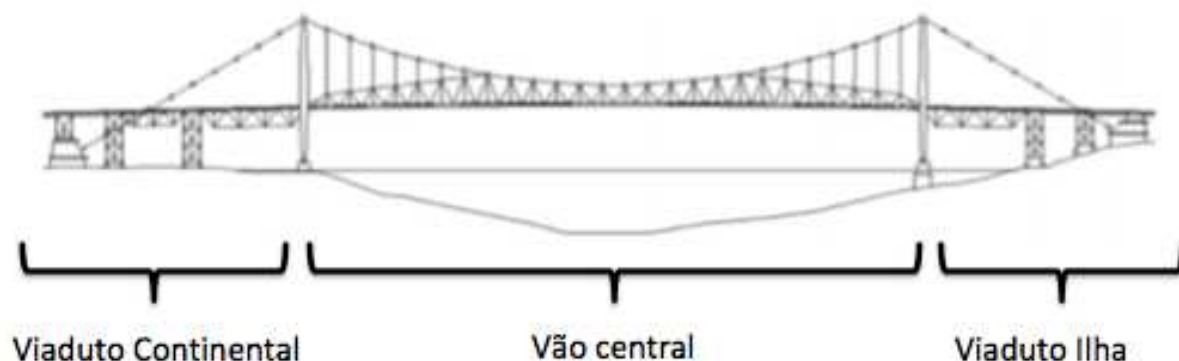
Figura 38 – Passarela provisória de madeira para passagem de trabalhadores.



Fonte: A autora (2019).

Fonte: A autora (2019).

Figura 39 – Partes da ponte



Fonte: A autora (2019), baseado em Teixeira Duarte.

As primeiras peças de gradil instaladas foram as de entrada e saída dos viadutos insular e continental (vide Figura 39), que serviram, durante a execução das etapas finais da obra, para passagem dos funcionários de forma mais eficiente e segura, em substituição à passarela de madeira representada na Figura 38 do Quadro 9 e para acesso de maquinário, como caminhões e guindastes. A instalação das peças do vão central teve o início posterior devido às Estruturas Auxiliares Superiores (EAS) que ocupavam o espaço de instalação dos gradis, conforme a Figura 37 do Quadro 9.

A montagem dos gradis, portanto, obedeceu a um planejamento geral em que partes teriam seu início anterior (viadutos) em relação a outros (vão central), porém a ordem de instalação mais específica ocorria conforme havia liberação para instalá-los.

4.2.1.2 Sequência detalhada das atividades de execução

Para detalhar a sequência das atividades de execução, eram necessárias informações de todas as etapas. Não estavam disponíveis, porém, documentos acerca dos procedimentos de recebimento e transporte do material e por isso algumas informações foram obtidas da por meio da observação dos métodos, imagens e entrevistas. A proveniência do meio de cada informação pode ser observada na Figura 40.

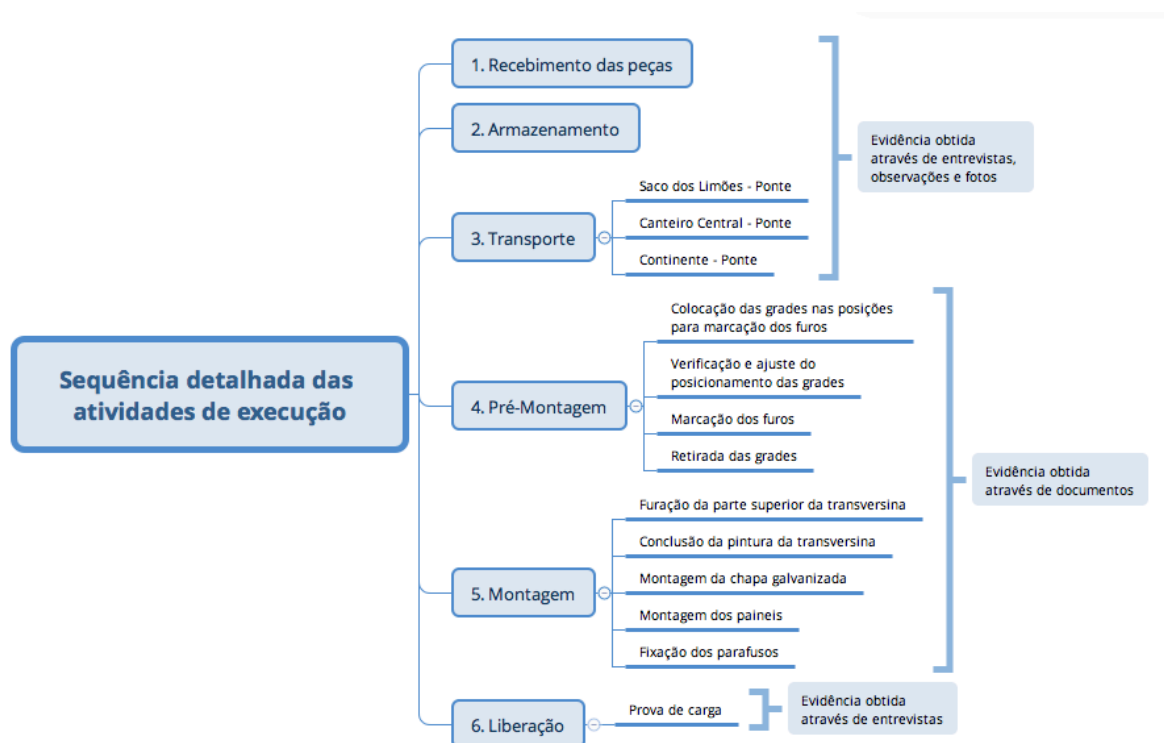
Houve então a necessidade de mapear todas as atividades envolvidas no processo de modo a facilitar a manutenção ou, até mesmo, reprodução análoga do procedimento em outras pontes. Para isso, buscou-se nos documentos emitidos pelas empresas envolvidas na obra as informações acerca do processo executivo.

Para as partes que não se obteve acesso, foram feitas entrevistas com os engenheiros das empresas RMG Engenharia e Teixeira Duarte e da SIE, além de observações feitas pela autora *in loco*.

Identificou-se seis macroatividades relacionadas com a instalação da superfície de rolamento de gradil metálico, conforme retratado em Figura 40. São elas: recebimento das peças, armazenamento, transporte, montagem, pré-montagem e liberação, e aquelas que foram divididas em atividades mais detalhadas são transporte, pré-montagem e montagem, de acordo com a Figura 40.

Os processos de transporte e pré-montagem e montagem dos gradis foram feitos de forma diferente a depender do local onde seria instalada a peça em questão, como pode ser observado em Figura 40 e Quadro 10 e está detalhado no item 4.2.2.3 Armazenamento e Transporte.

Figura 40 – Esquema da sequência detalhada das atividades de execução dos gradis



Fonte: A autora (2019).

A partir da Figura 40 é possível identificar o passo a passo das atividades que compõem as atividades de execução dos gradis metálicos utilizados na pista de rolamento da Ponte Hercílio Luz. Além de demonstrar as seis macroatividades existentes no procedimento executivo, na Figura 40 também é possível observar a proveniência de cada uma das evidências.

As etapas que constavam em documentos como memorial descritivo, pré-montagem e montagem, foram baseadas nesses documentos, além da observação em obra. As etapas de recebimento das peças, armazenamento e transporte, porém, não estavam documentadas, então as informações sofram obtidas através de entrevistas observação e fotos. A etapa de liberação, por sua vez, por ainda estar em processo de decisão até o fechamento do texto, foi descrita com menos detalhes a partir somente de entrevistas. Cada uma das etapas está detalhada no item 4.2.2 Procedimento executivo.

Quadro 10 – Folha do processo de construção

| Processo de Construção | | | |
|------------------------|---|---|----------------------|
| Número | Descrição da atividade | Equipamentos/Ferramentas | |
| | | Especificação | Quantidade |
| 1 | Recebimento das peças | | |
| 1.1 | Emissão do Boletim de Aprovação dos Materiais (BAM) | | |
| 1.2 | Verificação da etapa – RMG/SIE | | |
| 2 | Armazenamento | | |
| 2.1 | Disposição dos gradis em pallets | | |
| 2.2 | Verificação da etapa – RMG/SIE | | |
| 3 | Transporte | | |
| 3.1 | Canteiro Saco dos Limões – Ponte | Caminhão Munck Grua Guindaste | 1* 1* 1* |
| 3.2 | Canteiro Central – Ponte | Balsa Caminhão Munck Grua Guindaste | 1* 1* 1* 1* |
| 3.3 | Canteiro Continente – Ponte | Grua Guindaste | 1* 1* |
| 3.4 | Verificação da etapa – RMG/SIE | | |
| 4 | Pré Montagem | | |
| 4.1 | Colocação das grades na posição | Caminhão Munck Grua Guindaste | 1* 1* 1* |
| 4.2 | Verificação e ajuste do posicionamento | - | |
| 4.3 | Marcação dos furos | Tinta de identificação | |
| 4.4 | Retirada das grades | Caminhão Munck Grua Guindaste | 1* 1* 1* |
| 4.5 | Verificação da etapa – RMG/SIE | | |
| 5 | Montagem | | |
| 5.1 | Furação da parte superior da transversina | Torno | 1* |
| 5.2 | Conclusão da pintura da transversina | Jato de tinta | 1* |
| 5.3 | Montagem da chapa galvanizada | Torquímetro | 1* |
| 5.4 | Montagem dos paineis | Caminhão Munck Grua Guindaste | 1* 1* 1* |
| 5.5 | Fixação dos parafusos | Torquímetro Parafusos Arruela de pressão Trava química Loctite 262 | 1 10 10 |
| 5.6 | Verificação da etapa – RMG/SIE | | |
| 6 | Liberação | | |
| 6.1 | Prova de carga | Caminhões com 40ton | A decidir |
| 6.2 | Verificação da etapa – RMG/SIE | | |

Elaboração: A autora (2019).

O Quadro 10 mostra a folha do processo de construção, que descreve os serviços que devem ser realizados a fim de concluir o procedimento executivo dos

gradis metálicos, além das ferramentas necessárias para a execução de cada uma das etapas. A partir desse documento é possível entender, de maneira breve, quais as etapas envolvidas e as ferramentas necessárias para a execução do método e sua possível replicação.

No item 1 está explicitado o recebimento das peças, etapa na qual é emitido o Boletim de Aprovação dos Materiais (BAM) caso as peças estejam de acordo com o solicitado em projeto. No item 2 está descrito o armazenamento dos gradis, que é feito em pallets. Já no item 3, encontra-se o transporte das peças e os equipamentos utilizados para o transporte dos gradis até o local de instalação com os equipamentos utilizados para cada tipo de transporte. O item 4 inclui a pré-montagem e as etapas necessárias para sua execução. No item 5, é possível visualizar as etapas realizadas, além dos equipamentos necessários na execução e a quantidade necessária. O item 6, por fim, resume a etapa da liberação de carga e o equipamento que deve ser necessário, ainda em processo de decisão.

Para a aprovação de cada um dos itens do Quadro 10, é necessária a verificação da etapa pela empresa fiscalizadora, RMG Engenharia, e o órgão responsável, a Secretaria do Estado da Infraestrutura e Mobilidade (SIE). Apenas com a aprovação, é permitida a execução da etapa seguinte.

Segundo entrevistado E02, em um dia, é possível a instalação de até 300m² de gradil, porém não é feita toda essa área em um só dia devido às limitações físicas como a presença de outros materiais nos locais de instalação.

Devido à grande variabilidade no número de trabalhadores envolvidos em cada uma das etapas e na quantidade deste trabalho realizada a cada dia, não foi expressa a quantidade de operários necessária para a realização de cada uma das etapas.

O detalhamento de cada um dos procedimentos pode ser observado no item 4.2.2, onde é evidenciado o procedimento executivo.

4.2.2 Procedimento executivo

Para entender o procedimento executivo, a descrição desse foi dividida entre as etapas de fabricação (não descrita nesse documento), recebimento, armazenamento e transporte, instalação e liberação.

4.2.2.1 Fabricação

Apesar de não fazer parte do procedimento executivo, é relevante destacar que as peças foram compradas prontas a partir de MEISER/MARANGONI e foram fabricadas conforme os projetos da Teixeira Duarte e as normas internacionais RAL – GZ 638 Estruturas Gradeadas de RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. (Instituto Alemão para a Garantia de Qualidade e Identificação) e ASTM 572.

4.2.2.2 Recebimento

O recebimento dos gradis era registrado em um documento denominado Boletim de Aprovação de Materiais (BAM), conforme Teixeira Duarte (2016^a). Previamente a esta etapa, foram feitos testes em corpos de prova para verificar a eficácia dos materiais para resistir à corrosão e à flexão. Todos os testes foram realizados no laboratório do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT-SP). Dentre os testes realizados, destacam-se a) Ensaio de corrosividade – Espessura do revestimento; b) Ensaio de corrosividade – Névoa salina; c) Ensaio de corrosividade – Taxa de corrosão a partir de Cps e d) Ensaio de flexão, conforme representado no Quadro 11.

Quadro 11 – Testes de análise da qualidade dos gradis

| Teste | Descrição | Norma |
|--|---|--|
| a) Ensaio de corrosividade e – Espessura do revestimento | Identifica-se a espessura da camada do revestimento do gradil em diferentes pontos e verifica-se se estão de acordo com o especificado. | ISO 9223 ISO 9224 |
| b) Ensaio de corrosividade e – Névoa Salina | Expõe-se as placas a um ambiente extremo de névoa salina não encontrados no local para determinar os pontos críticos de corrosão. | ASTM B117 / ABNT NBR 8094 |
| c) Ensaio de corrosividade e – Taxa de corrosão a partir de Cps. | Foram instalados corpos de prova em pontos de condições atmosféricas agressivas. Após um ano, foi analisada a corrosão. | ISO 9223 ISO 9224 ASTM G1-03 (2017)e1 |
| d) Ensaio de flexão | Análise do desempenho estrutural de um módulo de grade metálica similar aos gradis da PHL segundo o carregamento indicado em norma. | ABNT NBR 7188:2013 |

Fonte: A autora (2019). Baseado em Teixeira Duarte (2018d) e Teixeira Duarte (2018e).

O Quadro 11 contém uma breve descrição dos ensaios realizados para garantir a qualidade das peças de gradil metálico utilizadas como superfície de rolamento da Ponte Hercílio Luz, além da norma que foi utilizada como referência

para garantir os resultados dos testes. Assim foi garantida a qualidade do material que foi selecionado para ser utilizado.

Assim, quando aprovados e registrados no BAM, os gradis eram recebidos em *pallets* de não mais de oito gradis empilhados, conforme Figura 44 e Figura 45. A quantidade de gradis num *pallet* era determinada pela quantidade de gradis de um mesmo tipo que seria direcionada para um mesmo lugar (a logística de transporte e armazenamento é mais detalhada no item 4.2.2.3 Armazenamento e Transporte), apesar de não ultrapassar de oito gradis empilhados.

4.2.2.3 Armazenamento e Transporte

Após o recebimento, as peças de gradil eram armazenadas em diferentes canteiros de obra conforme o local de instalação. Como apresentado na

Figura 43 e no Quadro 13, os possíveis espaços para armazenamento eram os canteiros central, do saco dos limões e do continente, além do tabuleiro da PHL. A separação era feita para que o armazenamento ocorresse mais próximo do local de instalação.

Assim como o armazenamento, o transporte dos gradis até o local de instalação era feito por diferentes meios de transporte de acordo com a origem e o destino das placas. Utilizou-se balsa, caminhões e guias para transportar as peças, conforme Quadro 14. A escolha do método adotado era feita com base na distância do transporte, dada a elevada carga das peças, conforme item 4.1.1.1.1, além da limitação física do acesso, principalmente no vão central devido à treliça e aos apoios provisórios.

As características dos meios de transporte utilizados e seus equipamentos acessórios são descritas em seguida:

- Balsa: maior eficiência para o transporte entre o continente e a ilha, pois diminui a distância, além de independer do trânsito existente na cidade. Necessita da grua (que já deve estar instalada no local de destino) para o transporte das placas de gradil da balsa para a ponte, além do guindaste para deposição das placas do canteiro na balsa;
- Caminhão: única possibilidade de transporte de placas de gradil entre o canteiro do Saco dos Limões e a ponte, ou outros canteiros. Permite

levar os gradis para os viadutos insular e continental sem a utilização de grua;

- Grua: movimentos limitados devido à impossibilidade de mexer sua base. Seus movimentos são permitidos até onde alcança a lança. Capacidade de elevação de cargas mais pesadas que o guindaste e o caminhão munck, por exemplo. Dificuldade de acesso nas treliças do vão central, porém é a única possibilidade para esse trecho, pois na execução da superfície de rolamento do vão central ainda não haviam sido completados os trechos dos viadutos;
- Guindaste: maior capacidade de elevação de cargas do que o caminhão munck, porém menos do que a grua. Maior mobilidade do que a grua, mas a lança é mais curta. Necessita da superfície de rolamento existente na área onde vai ser estacionado para poder elevar placas de gradil a serem instaladas;
- Caminhão munck: menor capacidade de elevação de cargas que a grua e o guindaste. Maior mobilidade que a grua. Pode transportar e instalar as placas de gradil. Lança mais curta do que grua e guindaste.

Como exemplo da dificuldade de acesso, na Figura 41 do Quadro 12 é possível observar um conjunto de gradis sendo depositado no vão central com a ajuda de uma grua, a partir da balsa. As peças instaladas no vão central eram as mais difíceis de serem instaladas em função da presença da treliça e, principalmente, nos contraventamentos superiores, que limitavam o acesso da grua, como visto na Figura 42 do Quadro 12.

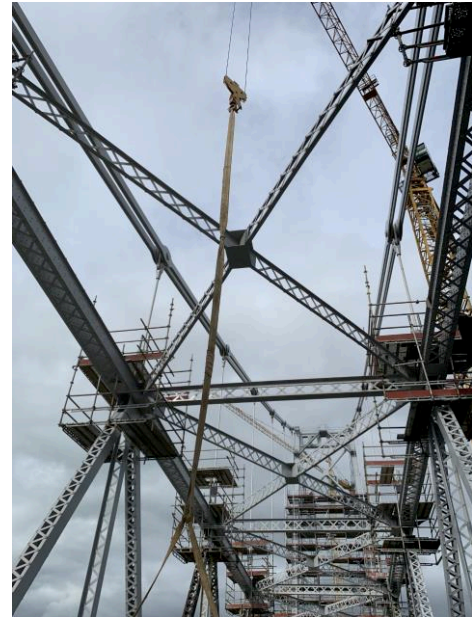
Quadro 12 – Dificuldade de acesso da grua no vão central pênsil

Figura 41 – Transporte de gradis passando pela treliça do vão central.



Fonte: A autora (2019).

Figura 42 – Limitação da grua devido aos contraventamentos da treliça.



Fonte: A autora (2019).

Fonte: A autora (2019).

Assim, a distribuição de armazenamento das peças de gradil era feita do seguinte modo:

- **Vão central pênsil:** As peças eram armazenadas no canteiro central (Figura 44 do Quadro 13), localizado no continente, e o transporte era feito por meio de uma balsa (Figura 44 e Figura 45 do Quadro 14) na qual os gradis eram dispostos com a utilização de um guindaste e transportados até as proximidades do local de instalação (vão central pênsil), onde eram erguidas por meio de grua;
- **Viaduto continental:** armazenadas em um canteiro logo abaixo do viaduto (Figura 46 do Quadro 13) e eram erguidas com a utilização de guindaste ou grua (Figura 50 do Quadro 14);
- **Viaduto insular:** armazenadas no canteiro central, transportadas por meio de caminhão e instaladas com a utilização de grua (Figura c do Quadro 14) ou caminhão munck (Figura 51 do Quadro 14).

As peças armazenadas na ponte (Figura 47 do Quadro 13), por sua vez, eram transportadas para a posição também com a utilização das guas.

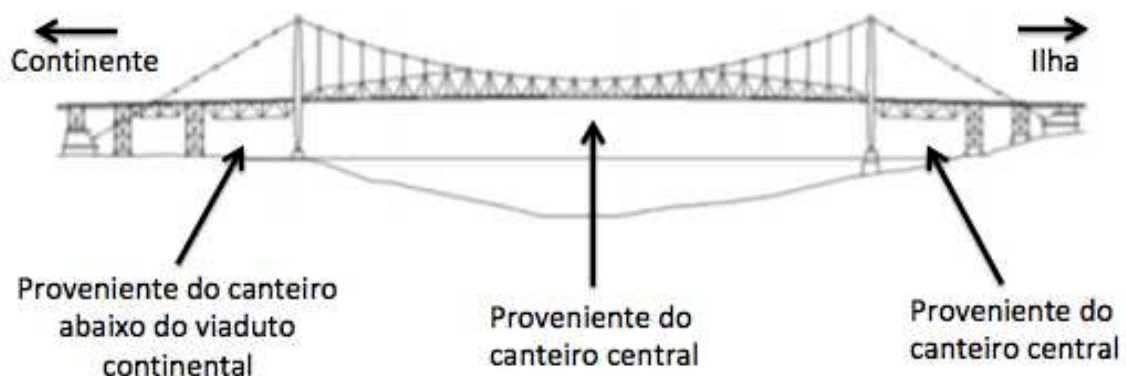
Devido à falta de espaço, algumas peças eram armazenadas no canteiro do Saco dos Limões, conforme Figura 45 do Quadro 13, e dali transportadas até o local de instalação com o uso de caminhão. Pode ser observada a localização na ponte da proveniência dos gradis na

Figura 43. O canteiro do Saco dos Limões não foi representado.

Ressalta-se que, de acordo com Bridge Grid Flooring Manufacturers Association – BGFMA (2014), os gradis metálicos não devem ficar apoiados diretamente no chão, mas sim com blocos embaixo (no caso do objeto de estudo desse trabalho, utilizou-se *pallets*) de modo a evitar que os gradis fossem danificados.

Portanto, a distribuição em que os gradis foram armazenados foi realizada conforme o local de instalação, empilhados em *pallets* de não mais de oito peças.

Figura 43 – Proveniência dos gradis em cada parte da ponte



Fonte: A autora (2019), baseado em RMG Engenharia (2018).

Quadro 13 – Locais de armazenamento dos gradis

Figura 44 - Gradis armazenados no canteiro central.



Fonte: A autora (2019).

Figura 45 - Gradis armazenados no canteiro do Saco dos Limões.



Fonte: A autora (2019).

Figura 46 - Gradis armazenados no canteiro do continente.



Fonte: A autora (2019).

Figura 47 - Gradis armazenados na ponte para instalação.

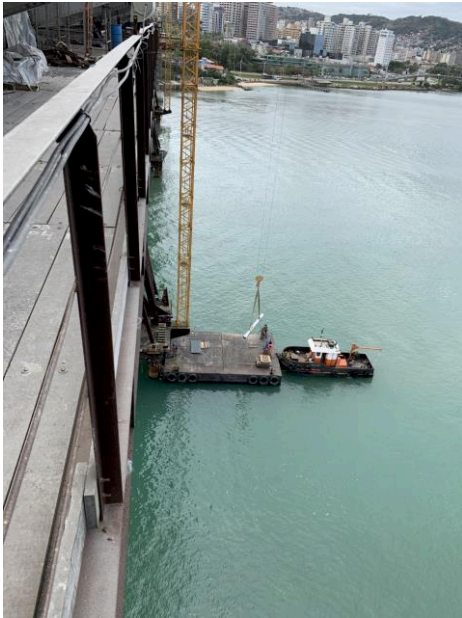


Fonte: A autora (2019).

Fonte: A autora (2019).

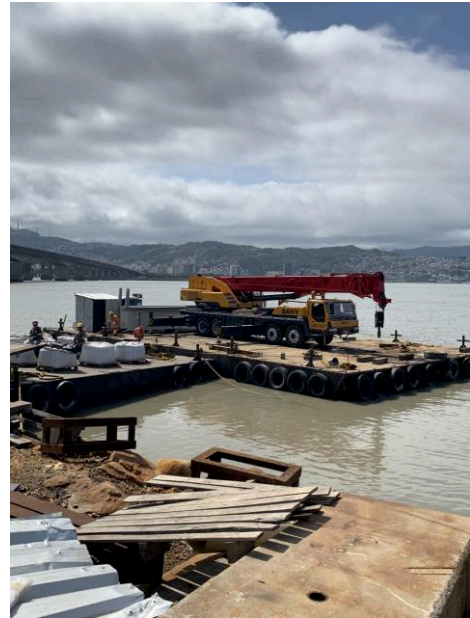
Quadro 14 – Transportes utilizados para os gradis.

Figura 48 - Balsa para transporte de peças – Visto da ponte.



Fonte: A autora (2019).

Figura 49 - Balsa para transporte de peças com guindaste – Canteiro Central.



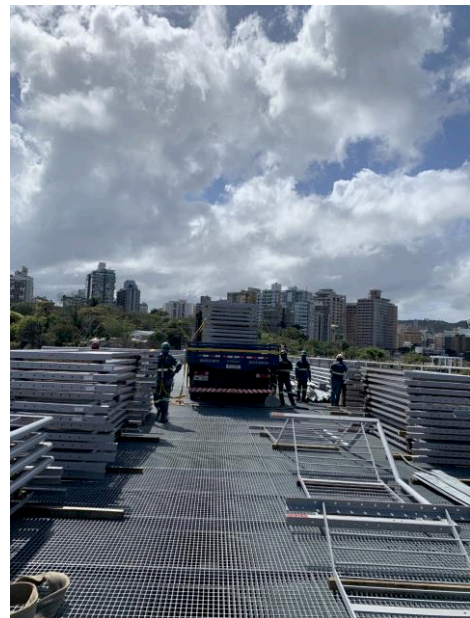
Fonte: A autora (2019).

Figura 50 - Grua para elevação e instalação de peças.



Fonte: A autora (2019).

Figura 51 - Caminhão munck para o transporte de peças.



Fonte: A autora (2019).

Fonte: A autora (2019).

4.2.2.4 Instalação

A instalação dos gradis foi dividida pela empresa executora entre as etapas de Pré-Montagem (item 4.2.2.4.1 Pré-montagem) e Montagem (4.2.2.4.2 Montagem), conforme discutido nos itens a seguir:

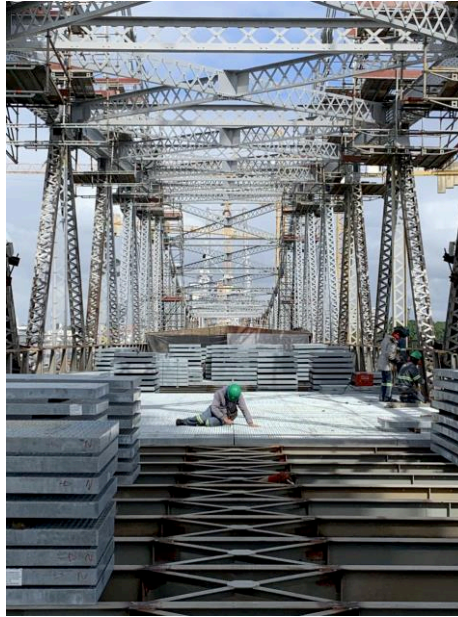
4.2.2.4.1 Pré-montagem

A pré-montagem consistia das seguintes operações:

- Posicionamento com a utilização de equipamentos conforme o projeto de paginação;
- Verificação do posicionamento e ajuste do posicionamento das grades pelos operários;
- Marcação dos furos nas transversinas auxiliares;
- Retirada das grades.

De acordo com Teixeira Duarte (2018b), após a chegada dos gradis no local de instalação, sucedia-se a pré-montagem. Observa-se a execução dessa atividade na Figura 52, onde é possível observar um operário da obra fazendo a marcação da furação em uma das peças do gradil. A necessidade da etapa deu-se em função de garantir a precisão na furação.

Figura 52 – Marcação da furação na etapa de pré-montagem



Fonte: A autora (2019).

Segundo Teixeira Duarte (2018b), observou-se necessária a pré-montagem devido à variabilidade milimétrica observada nas chapas de ligação instaladas entre as grades e a estrutura de suporte superior (transversinas), já que a furação é de apenas 14mm (conforme Figura 26 e Figura 27). O objetivo desta etapa é a marcação da furação da transversina que será efetivada na montagem.

Nessa etapa, decide-se pela posição de cada uma das grades a partir do descrito em projeto e, identifica-se na peça o local exato onde será instalada.

O resultado final é, portanto, a marcação da furação (com a utilização de uma caneta) nas transversinas de apoio dos gradis e as placas de gradil identificadas para que os furos sejam executados na etapa seguinte, a montagem.

4.2.2.4.2 Montagem

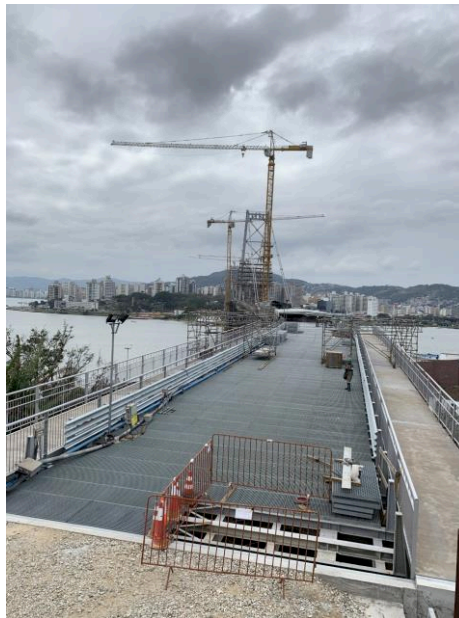
A etapa da montagem consistia das seguintes operações:

- Furação da parte superior das transversinas auxiliares;
- Finalização da pintura anticorrosiva nas transversinas auxiliares;
- Posicionamento, marcação dos furos e furação das chapas galvanizadas;

- Reposicionamento dos gradis no local correto;
- Instalação dos parafusos e arruelas com utilização da trava química
- Aperto dos parafusos com torquímetro.

Em seguida da pré-montagem, era feita a montagem dos gradis. Essa etapa consistia na instalação das peças conforme descrito em projeto e o resultado do processo pode ser observado na Figura 53, que mostra a parte de acesso ao viaduto continental com os gradis já instalados definitivamente. A montagem dos gradis é a atividade que encerra a execução da superfície de rolamento.

Figura 53 – Gradis instalados no viaduto continental



Fonte: A autora (2019).

Nessa etapa, de acordo com Teixeira Duarte (2018b), é feita a furação na parte superior das transversinas auxiliares dos gradis de acordo com a marcação da furação efetuada na etapa de pré-montagem (conforme Figura 54, onde dois operários executam a furação da transversina auxiliar com a utilização de uma furadeira) para instalação da chapa galvanizada. Após a furação, é concluída a pintura anticorrosiva na estrutura de apoio superior com a utilização de um jato de tinta, conforme Figura 55 e Figura 56. Na figura Figura 57 pode ser observada a aparência das transversinas auxiliares antes e após a pintura.

Figura 54 – Furação das transversinas auxiliares



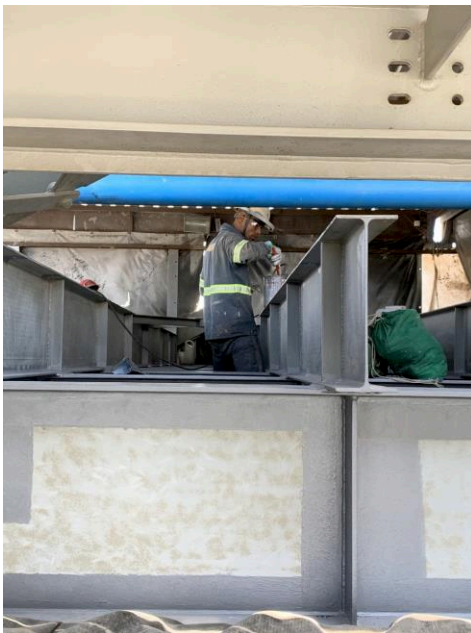
Fonte: A autora (2019).

Figura 55 – Pintura das transversinas auxiliares com rolinho



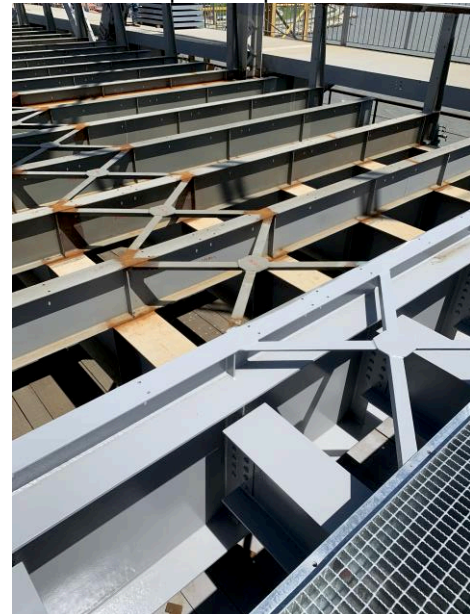
Fonte: A autora (2019).

Figura 56 – Pintura das transversinas auxiliares com pincel



Fonte: A autora (2019).

Figura 57 - Transversinas auxiliares antes e depois da pintura



Fonte: A autora (2019).

Após a conclusão da pintura das transversinas auxiliares (conforme Figura 58 do Quadro 15), era feita a furação da chapa galvanizada. Dispunha-se as chapas sobre as transversinas auxiliares e era feita a marcação do furo na chapa na posição final onde seria a ligação, conforme Figura 59 do Quadro 15. Após a marcação,

eram feitos os furos no local indicado, de acordo com a Figura 61 do Quadro 15. A furação era feita a partir da plataforma de trabalho provisória instalada logo abaixo das transversinas e chegavam lá com o auxílio dos operários, como mostra a Figura 60 do Quadro 15.

Quadro 15 – Furação da chapa galvanizada

Figura 58 - Transversina auxiliar com furos prontos e pintura feita.



Fonte: A autora (2019).

Figura 59 - Colocação das chapas galvanizadas na posição correta e marcação dos furos na chapa.



Fonte: A autora (2019).

Figura 60 - Passagem da chapa galvanizada para a plataforma de trabalho inferior.



Fonte: A autora (2019).

Figura 61 - Furação da chapa galvanizada.



Fonte: A autora (2019).

Fonte: A autora (2019).

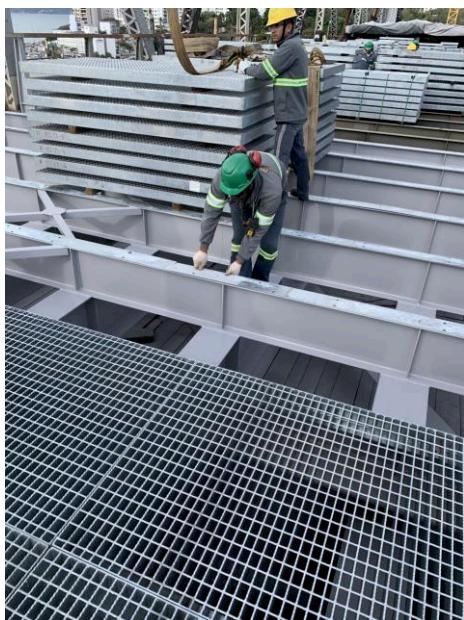
Em seguida, era feita a montagem das grades na exata posição marcada na etapa de pré-montagem.

A montagem das grades era iniciada com a instalação das chapas galvanizadas, conforme Figura 62 do Quadro 16. Após essa atividade, os gradis dispostos próximos ao local de instalação, conforme Figura 63 do Quadro 16, eram erguidos pela grua (no caso do vão central, alguns gradis eram instalados com a utilização de guindaste, conforme limitações descritas no item 4.2.2.3), de acordo com Figura 64, Figura 65 e Figura 66 do Quadro 16. Após o posicionamento da placa de gradil nas transversinas de suporte, os gradis eram ajustados até a posição final correta, empurrados pelos operários.

Nos gradis instalados no vão central, que era o local de mais difícil acesso devido à treliça, conforme Figura 62 e Figura 63 do Quadro 12, as duas placas de gradis próximas às faces externas da ponte eram instaladas primeiro e empurradas até a posição final (conforme Figura 66 e Figura 67), devido à impossibilidade de alcançar a posição com a grua. As placas localizadas mais no meio, por sua vez, eram posicionadas já na posição correta e poucas vezes era necessário o ajuste.

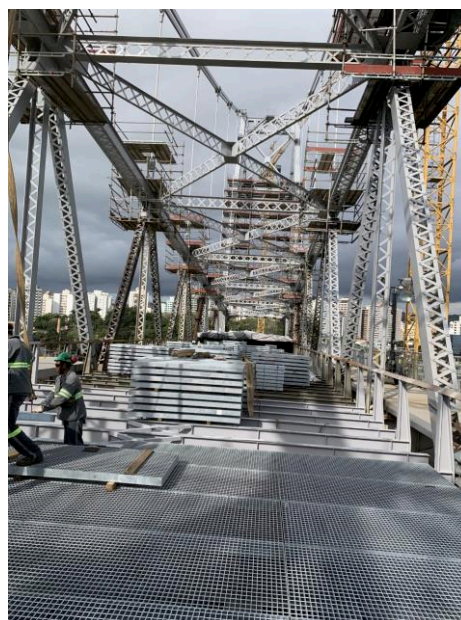
Quadro 16 – Sequência de instalação dos gradis metálicos

Figura 62 - Instalação das chapas galvanizadas.



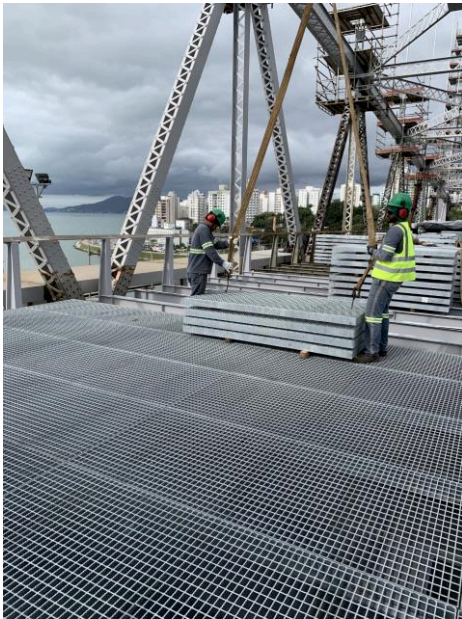
Fonte: A autora (2019).

Figura 63 - Gradis dispostos na ponte prontos para a instalação.



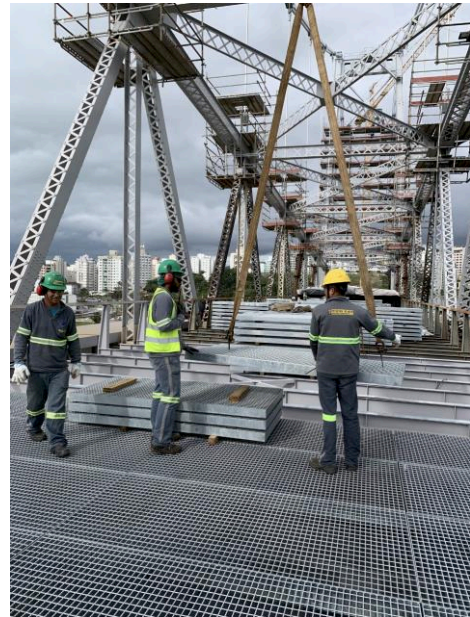
Fonte: A autora (2019).

Figura 64 - Gradis içados pela grua.



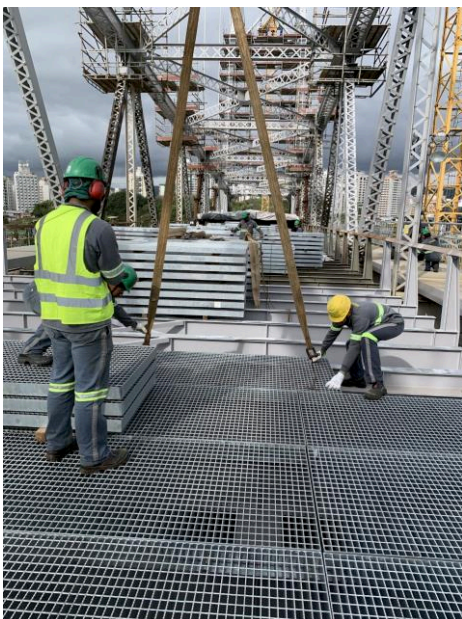
Fonte: A autora (2019).

Figura 65 - Gradis transportados pela grua para instalação.



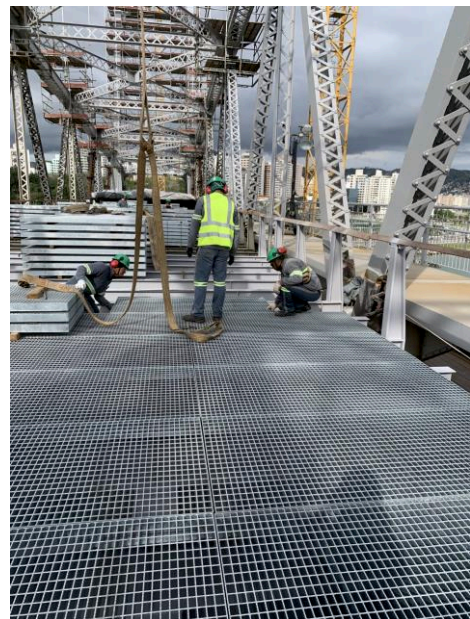
Fonte: A autora (2019).

Figura 66 - Deposição da placa de gradil nas transversinas auxiliares.



Fonte: A autora (2019).

Figura 67 - Ajuste do local exato de instalação.



Fonte: A autora (2019).

Fonte: A autora (2019).

Após a fixação dos gradis na posição correta, segundo os entrevistados E07 e E04, é feita a instalação dos parafusos e arruelas (vide Figura 24). Os parafusos são colocados por um operário no local de instalação e a arruela, por baixo, a partir da estrutura provisória inferior. Após isso, os parafusos são apertados com um

torquímetro. Na Figura 68 é possível observar a marcação feita para distinguir os parafusos apertados e os não apertados. Após o aperto, os parafusos eram pintados com uma tinta vermelha.

Figura 68 – Parafusos torqueados e não torqueados



Fonte: A autora (2019).

Após a conclusão da obra e a retirada das estruturas provisórias, segundo entrevistados E03 e E04, a eventual troca de parafusos ocorrerá com o uso de uma ferramenta que, colocada por cima pelos furos da malha da grade, segura o parafuso e permite que esse seja afrouxado ou apertado. A ferramenta ainda não existe e está sendo desenvolvida pela Teixeira Duarte, segundo entrevistados E04 e E10.

Para uma melhor fixação dos gradis, a trava química Loctite 262 é inserida manualmente junto às arruelas antes de posicioná-las para travar os parafusos, de forma a aumentar a segurança da ligação.

Após a finalização da montagem, está terminada a execução da superfície de rolamento.

4.2.2.5 Liberação

Após a completa instalação dos gradis, a liberação da obra será feita a partir do sucesso do teste de prova de carga. Não haviam ainda sido emitidos documentos que registrassem essa atividade durante o período de escrita do presente trabalho e, por tal motivo, as informações de como aconteceria o procedimento foram obtidas, nesse contexto, mediante entrevistas.

Segundo os entrevistados E01 e E07, prevê-se que, na ocasião, serão feitos testes com carga progressiva, com a utilização de caminhões com carga que farão a travessia completa da ponte. A carga é determinada com base no tráfego que passa na BR101, que deve ser o mesmo que a Ponte Hercílio Luz estará apta a receber.

Após a passagem, ao verificar-se a ausência de prejuízos na estrutura dos gradis, o respeito da flecha e deflexões máximas, é considerado o teste como sucesso e a ponte será liberada para o tráfego.

4.3 DIFICULDADES NA EXECUÇÃO

Segundo entrevistado E03, não houve problemas significativos na execução do método de instalação dos gradis. Durante o período observado pela autora, também não foram observadas dificuldades.

A não ocorrência de problemas é justificada pelo fato de as peças serem recebidas prontas e terem sido feitas sob medida para a obra, somado à alta qualificação técnica da equipe de execução.

De acordo com o entrevistado E03, o único problema que ocorreu foi a chegada de uma peça de gradil defeituosa e houve a necessidade de ser trocada.

4.4 USO

4.4.1 Manutenção

4.4.1.1 Gradis Reserva

Quando da elaboração deste trabalho, não haviam sido emitidos documentos acerca da manutenção dos gradis metálicos da Ponte Hercílio Luz. Segundo o entrevistado E01 e E03, porém, serão mantidas algumas placas extras para o caso da necessidade de substituição. Porém, devido à diferença de geometria dos gradis descrita no item 4.1.1.1.3 é necessário que a peça a ser substituída tenha a mesma

geometria da nova e, portanto, a necessidade de um estoque de alguns tipos de peças.

4.5 DISCUSSÃO

A partir de todos os dados obtidos através de documentos de diversos tipos, observação *in loco* da obra e dos canteiros, observação diária da execução da atividade e entrevistas com responsáveis, foi possível entender as vantagens e desvantagens da escolha da execução por esse tipo de superfície de rolamento em pontes.

Observou-se ser uma técnica com a execução muito mais limpa, quando comparada com a pavimentação asfáltica, por exemplo, devido às peças já chegarem prontas no local de instalação. Essa atividade, por outro lado, necessita da utilização de muitos equipamentos como guas, guindastes e balsas devido ao difícil acesso às partes da ponte e tem uma quantidade elevada de peças envolvidas na instalação, o que torna um procedimento que deve haver fiscalização constante.

A manutenção dessa técnica é uma das grandes vantagens da utilização de gradis metálicos: caso haja problema em uma das placas de gradil ou em alguma parte da ponte inferior à pista de rolamento, a troca ou retirada da placa pode ser feita apenas com o uso de um guindaste e algumas ferramentas e, após finalizado o serviço, é recolocada outra placa de gradil no lugar – isso torna a manutenção mais rápida e simples.

Outra vantagem evidente é a não necessidade de projeção de um sistema de drenagem, visto que, devido à existência dos furos nas placas de gradil, a água escoar livremente pela própria superfície de rolamento.

Os gradis metálicos também são mais leves do que o pavimento asfáltico que poderia ser aplicado na ponte (placa ortotrópica com pavimento asfáltico, tal qual a Colombo Salles). Segundo o entrevistado E10, as placas de gradil representam uma economia de peso bastante considerável em relação à opção asfáltica com placa ortotrópica.

Uma desvantagem é a impossibilidade da aplicação normal de tinta para fazer a pintura da sinalização horizontal, devido aos furos. A sinalização horizontal da ponte, então, será feita a partir de tachões desenvolvidos especialmente para serem presos nas placas de gradil de modo a sinalizar a divisão entre as faixas.

Segundo FHWA (2015), a utilização de gradis metálicos em pontes torna a experiência de dirigir pouco confortável devido ao barulho e vibração, além de possíveis problemas de deslizamento em dias de chuva. Segundo BGFMA (2019), as reentrâncias nas barras principais garantem suficiente resistência pneu-pavimento e dificultam a derrapagem, mas afirma que o barulho e a vibração são superiores a um pavimento clássico de concreto.

Outro problema da utilização das placas de gradil metálico são as diferentes geometrias entre as placas. Como exposto no item 4.4.1.1 Manutenção, haverá uma quantidade de gradis reserva que serão armazenados para caso haja algum problema entre eles, porém, dada a especificidade das placas, se ocorrer um problema em uma quantidade maior de gradis de um tipo específico do que aquela armazenada, a manutenção terá de esperar até a chegada de uma nova placa e, dependendo do dano, a ponte deverá ser interditada para o conserto.

Assim como toda técnica construtiva, a utilização de gradis metálicos apresenta vantagens e desvantagens quando comparada a outras técnicas existentes no mercado. No caso da Ponte Hercílio Luz, porém, a opção pelos gradis metálicos demonstra ter sido uma escolha acertada, principalmente pelas justificativas econômica, do peso da estrutura e da facilidade na manutenção.

O parecer final de se foi uma boa escolha, porém, acontecerá apenas com o uso da estrutura e a observação do seu funcionamento. De acordo com a utilização da técnica em outros lugares do mundo, em especial em pontes em manutenção, espera-se um bom funcionamento da superfície de rolamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

Neste trabalho visou-se acompanhar e detalhar o procedimento de execução das grades metálicas utilizadas como superfície de rolamento na Ponte Hercílio Luz. Dentre os resultados dos estudos, destacam-se: a) a descrição do produto, que inclui aspectos do projeto dos gradis e da sua paginação; b) a descrição da sequência detalhada das atividades em seis etapas: recebimento das peças, armazenamento, transporte, pré-montagem, montagem e liberação. As fases de Fabricação, Liberação e Sinalização não foram exploradas com ênfase nesse trabalho. Em posse dos resultados, espera-se facilitar a reprodução do método em outras pontes metálicas, caso desejado.

Portanto, buscou-se entender e descrever o procedimento executivo realizado para instalação da superfície de rolamento. Para tal, foi necessário, além da busca por documentos gerados pelas empresas responsáveis pela obra, a entrevista com engenheiros, encarregados e operários e a observação as operações empregadas. A partir da obtenção das informações, foi descrito o procedimento executivo empregado com auxílio de documentos e fotos, além da obtenção da esquematização da Figura 40 e a folha de execução da instalação do Quadro 10.

Conclui-se, pois, que uma obra de tamanha magnitude e singularidade do método ainda não muito conhecido apresenta muitos detalhes não descritos nas memórias descritivas e que só são possíveis de serem percebidos quando na sua execução. A principal contribuição deste trabalho, então diz respeito à apresentação estruturada de detalhes de execução da obra que formam parte do conhecimento técnico dos diferentes profissionais que participaram da execução dos gradis metálicos e fornece informações relevantes para os tomadores de decisão optarem pela sua utilização.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros, é recomendado o acompanhamento e documentação do teste de carga, que não foi possível acrescentar a este trabalho por ocorrer apenas após a conclusão da obra, em dezembro de 2019.

Também é sugerido um estudo comparativo do método de pavimentação utilizado na Ponte Hercílio Luz com outros utilizados em outras pontes metálicas, como a utilização de asfalto e a análise econômica deste.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM A512-18**: Standard Specification for Cold-Drawn Buttweld Carbon Steel Mechanical Tubing. West Conshohocken: ASTM International, 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM G1-03(2017)e1**: Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens. West Conshohocken: ASTM International, 2017.

ANDRADE, Djanira Maria Martins de. **A influência da Ponte Hercílio Luz no desenvolvimento da Ilha de Santa Catarina**. Dissertação de mestrado. História. UFSC. 1978.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188**: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8094**: Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina – Método de ensaio. Rio de Janeiro: Abnt, 1983.

BEZERRA, Ana Olívia Nunes. **Restauração e reabilitação da Ponte Hercílio Luz: um estudo de caso**. 2016. 105 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/171516/TCC%20Ana%20Bezerra%20-%20PHL%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

BGFMA TS-02 (REV 1), 2014 BRIDGE GRID FLOORING MANUFACTURERS ASSOCIATION. **INSTALLATION TOLERANCES & GUIDELINES FOR OPEN GRID DECKS**. Pittsburgh: Bgfma, 2014.

BGFMA. **Aren't grid decks noisy and unsafe?** Disponível em: <<http://www.bgfma.org/faq-3.htm>>. Acesso em: 16 nov. 2019.

BUNDGENS, Felipe. **Ponte Hercílio Luz: do Sonho à Realidade - Depoimento fotográfico: 1922 - 1926**. Florianópolis: Bernúncia, 2012. 131 p.

CARVALHO, Hermes; FAKURY, Ricardo Hallal; VILELA, Paula Moura Leite. The Challenges of Rehabilitating the Hercilio Luz Suspension Bridge. **Latin American Journal Of Solids And Structures**. Rio de Janeiro, p. 1-20. 07 abr. 2019.

CARVALHO, Hermes; RODRIGUES, Francisco Carlos. Projeto de recuperação da Ponte Hercílio Luz/SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS, 9., 2016, Rio de Janeiro. **Artigo**. Rio de Janeiro: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016. p. 1 - 10.

DEBS, Mounir Khalil El; TAKEYA, Toshiaki. **Introdução às pontes de concreto**. São Carlos: Usp, 2007.

DEINFRA - Departamento Estadual de Infraestrutura (Florianópolis). Governo do Estado de Santa Catarina. PJ-00056/2016. Execução dos serviços de restauração e reabilitação da Ponte Hercílio Luz. **Serviços de execução das obras de restauração e reabilitação da Ponte Hercílio Luz**, Florianópolis, SC, 2016. Disponível em: <http://www.sicop.sc.gov.br/mapavivo/relatorioAction.do?nuTitulo=91858>. Acesso em: 15 nov. 2019.

DEINFRA - Departamento Estadual de Infraestrutura. **Histórico da Ponte Hercílio Luz**. Disponível em: <<http://www.deinfra.sc.gov.br/hercilioluz>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

DELONY, Eric; KLEIN, Terry H. Rehabilitation of historic bridges. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 2005, vol. 131, no 3, p. 178-186.

DOCTORS, Corrosion. **Silver Bridge Collapse**. Disponível em: <<https://www.corrosion-doctors.org/Bridges/Silver-Bridge.htm>>. Acesso em: 13 out. 2019.

DOCUMENTÁRIO Ponte Hercílio Luz produzido pelo SBT Santa Catarina. Florianópolis: Sbt, 2019. (29 min.), Vídeo, son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5kM8vUOgXLI>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2018, Washington. **Bridge Preservation Guide: Maintaining a Resilient infrastructure to Preserve Mobility**. Washington: U. S. Department Of Transportation, 2018. 21 p. Disponível em: <<https://www.fhwa.dot.gov/bridge/preservation/guide/guide.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2019.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. U. S. Department Of Transportation, Federal Highway Administration, 2016. **Guidance on Highway Preservation And Maintenance**. Disponível em: <https://www.fhwa.dot.gov/preservation/memos/160225.cfm>. Acesso em: 31 out. 2019.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. U. S. Department Of Transportation, Federal Highway Administration, 2015. **Steel Brige Design Handbook – Bridge Deck Design**. Disponível em: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/steel/pubs/hif16002/volume17.pdf> Acesso em: 15 nov. 2019.

FLORIANÓPOLIS Ontem e Hoje. Disponível em: <<http://floripendio.blogspot.com/search/label/ponte%20herc%C3%ADlio%20luz>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

G1 SC. **Transferência de 20% da carga da Ponte Hercílio Luz é concluída**. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2017/02/transferencia-de-carga-da-ponte-hercilio-luz-e-concluida.html>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Determinação da taxa de corrosão do zinco para estimativa da vida útil do pavimento instalado na Ponte Hercílio Luz, em Florianópolis, SC. São Paulo: Ipt, 2019. 11 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. PARECER TÉCNICO - **Expectativa da vida útil de revestimentos de zinco expostos a atividades marítimas**. São Paulo: Ipt, 2019. 16 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. PARECER TÉCNICO – RELATÓRIO DE ENSAIO nº 1 105 158 - 203. Ensaio acelerado de corrosão por exposição à névoa salina. São Paulo: Ipt, 2019. 16 p.

INSTITUTO MAPA. **Símbolo de Santa Catarina**. Disponível em: <<https://www.mapa.com.br/simbolo-de-santa-catarina/>>. Acesso em: 18 out. 2019.

INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9223**: Corrosivity of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Classification, determination and estimation. Iso, 2012. 13 p.

INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9224**: Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Guiding values for the corrosivity categories. Iso, 2012. 13 p.

JAJAC, Nikša; ROGULJ, Katarina; RADNIĆ, Jure. Selection of the Method for Rehabilitation of Historic Bridges—A Decision Support Concept for the Planning of Rehabilitation Projects. International Journal of Architectural Heritage, 2017, vol. 11, no 2, p. 261-277.

LIMA, K. et al. **REHABILITATION OF A 100-YEAR-OLD STEEL TRUSS BRIDGE**. Congrès Annuel 2008 de La Scgc, Québec, v. 1, n. 1, p.1-11, jun. 2008. Disponível em: <http://www.saskatoonheritage.ca/pdf/2010/Rehab_of_100_yr_old_bridge_in_Edmon ton.pdf>. Acesso em: 25 out. 2019.

LOBO, Renata Lima. **5 coisas que você não sabe sobre... A Ponte 25 de Abril.** Disponível em: <<https://www.timeout.pt/lisboa/pt/blog/5-coisas-que-nao-sabe-sobre-a-ponte-25-de-abril-042417>>. Acesso em: 19 set. 2019.

LOCTITE. **FOLHA DE DADOS TÉCNICOS. LOCTITE 262.** São Paulo: Henkel Loctite Adesivos Ltda 2016.

MARANGONI. **Nova Ponte Hercílio Luz é construída com as Grades de Piso Marangoni-Meiser.** Disponível em: <<https://www.marangoni.com.br/gradedepiso/2018/10/05/nova-ponte-hercilio-luz-e-construida-com-as-grades-de-piso-marangoni-meiser/>>. Acesso em: 19 set. 19.

MICHAELIS. Longarina. In: WEISZFLOG, Walter. **Michaelis - Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa.** São Paulo: Melhoramentos, 2015. p. 1. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/longarina/>>. Acesso em: 31 out. 2019.

NISHICAVA, Natália Harumi et al. Os Dispositivos de Drenagem como Elucidação aos Acidentes Ocasionalmente por Aquaplanagem na BR 050. **Anais Eletrônicos do Entec –encontro de Tecnologia: Empreendedorismo, Inovação e Sustentabilidade.** São Paulo, p. 21-22. maio 2015. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/os-dispositivos-de-drenagem-como-elucidao-aos-acidentes-ocasionados-por-aquaplanagem-na-br-050-18787>>. Acesso em: 15 set. 2019.

NOSSA HERCÍLIO LUZ. Histórico da Ponte Hercílio Luz. Disponível em: <http://nossahercilioluz.com.br/historiadaponte/detalhes.aspx?info=59335>. Acesso em: 19 out. 2018.

PFEIL, Walter. **Pontes em concreto armado: elementos de projeto, solicitações, dimensionamento.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

REIMANN, Matt. **The deadliest bridge disaster in US history was caused by a tiny crack just three millimeters deep:** In 1967, 64 people went into the frigid Ohio River. 2017. Disponível em: <<https://timeline.com/the-deadliest-bridge-disaster-in-us>>

history-was-caused-by-a-tiny-crack-just-3-millimeters-deep-ca5404c4dffa>. Acesso em: 04 abr. 2019.

RIOS, Hellen Martins. **Ponte Hercílio Luz: monumento “implicitamente tombado”**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 18., 2015, Florianópolis. **Artigo**. Florianópolis: 2015. p. 1 - 13.

Riveiro, B., Arias, P., Armesto, J., & Ordóñez, C. (2011). A methodology for the inventory of historical infrastructures: documentation, current state, and influencing factors. *International Journal of Architectural Heritage*, 5(6), 629-646.

RMG Engenharia, MONITORAMENTO E SUPERVISÃO TÉCNICA DAS OBRAS DE RESTAURAÇÃO E RECUPERAÇÃO DA PONTE HERCÍLIO LUZ. RMG ENGENHARIA. **Projetos de Engenharia**. Disponível em: <<http://rmg.com.br/projetos-engenharia/>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade. **Histórico da Ponte Hercílio Luz**. Disponível em: <<http://www.deinfra.sc.gov.br/hercilioluz>>. Acesso em: 18 jun. 2019.

Secretaria do Estado de Infraestrutura. **Processo construtivo da restauração e recuperação da Ponte Hercílio Luz**. Florianópolis: Deinfra, 2016. Color.

SILVA, Anderson. **Como será a pista para veículos na nova Ponte Hercílio Luz**. Disponível em: <<https://www.nsctotal.com.br/colunistas/anderson-silva/como-sera-a-pista-para-veiculos-na-nova-ponte-hercilio-luz>>. Acesso em: 19 set. 2019.

TCE- Tribunal De Contas Do Estado De Santa Catarina (Florianópolis). Diretoria de Controle de Licitações e Contratações (TCE). LCC-16/00003785. Parecer de verificação do Contrato nº PJ 0056/2016, originada da Dispensa de Licitação nº 001/2016, que trata dos “serviços de execução das obras de restauração e reabilitação da Ponte Hercílio Luz”. **Verificação da dispensa de licitação do contrato nº PJ-00056/2016**, Florianópolis, SC, 2016. Disponível em:

<http://consulta.tce.sc.gov.br/RelatoriosDecisao/RelatorioTecnico/4497857.PDF>.

Acesso em: 15 nov. 2019.

TEIXEIRA DUARTE. **BOLETIM DE APROVAÇÃO DE MATERIAIS – BAM. No. BAM 017. No. Obra 011399.** Florianópolis: Teixeira Duarte, 2016a.

TEIXEIRA DUARTE. **ENSAIOS DE CORROSIVIDADE ATMOSMOSFÉRICA NA GRADE DO PAVIMENTO: MEMÓRIA DESCRITIVA – “Serviços de Execução das Obras de Restauração e Reabilitação da Ponte Hercílio Luz em Florianópolis – Santa Catarina”.** Florianópolis: Teixeira Duarte, 2018d.

TEIXEIRA DUARTE. **MEMÓRIA DESCRITIVA – MONTAGEM DO PAVIMENTO EM GRADES METÁLICAS – “Serviços de Execução das Obras de Restauração e Reabilitação da Ponte Hercílio Luz em Florianópolis – Santa Catarina”.** Florianópolis: Teixeira Duarte, 2018.

TEIXEIRA DUARTE. **MEMÓRIA DESCRITIVA: MONTAGEM DO PAVIMENTO EM GRADES METÁLICAS** Florianópolis: Teixeira Duarte, 2018b.

TEIXEIRA DUARTE. **PROJETO EXECUÇÃO - PAVIMENTO GRADE METÁLICA – VÃO MI18 @ MI27 – “Serviços de Execução das Obras de Restauração e Reabilitação da Ponte Hercílio Luz em Florianópolis – Santa Catarina”.** Florianópolis: Teixeira Duarte, 2017.

TEIXEIRA DUARTE. **RELATÓRIO FOTOGRÁFICO – MONTAGEM DAS GRADES DE PISO – UTILIZAÇÃO DA CHAPA GALVANIZADA ADICIONAL ENTRE AS GRADES E A ESTRUTURA INFERIOR – “Serviços de Execução das Obras de Restauração e Reabilitação da Ponte Hercílio Luz em Florianópolis – Santa Catarina”.** Florianópolis: Teixeira Duarte, 2019.

TEIXEIRA DUARTE. **RELATÓRIO TÉCNICO IPT – ENSAIO ESTÁTICO DE FLEXÃO DE UM MÓDULO DE GRADE METÁLICA DE PISO – “Serviços de Execução das Obras de Restauração e Reabilitação da Ponte Hercílio Luz em Florianópolis – Santa Catarina”.** Florianópolis: Teixeira Duarte, 2018e.

TEIXEIRA DUARTE. **SISTEMA DE ELEVAÇÃO PARA A TRANSFERÊNCIA DE CARGA – NOTA TÉCNICA – “Serviços de Execução das Obras de Restauração e Reabilitação da Ponte Hercílio Luz em Florianópolis – Santa Catarina”**. Florianópolis: Teixeira Duarte, 2016a.

TIMELINE. **Watch: The deadliest bridge collapse in American history**. Disponível em: <<https://timeline.com/deadliest-bridge-collapse-in-american-history-silver-bridge-ohio-west-virginia-efa5b3b140d2>>. Acesso em: 13 out. 2019.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2007, Paramus. **GUIDELINES FOR HISTORIC BRIDGE REHABILITATION AND REPLACEMENT**. Paramus: Aashto, 2007. 57 p.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes e viadutos rodoviários: Conceituação, conservação, segurança e reforço estrutural**. Recife: Escola Politécnica de Pernambuco, 2015.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes rodoviárias**. Recife: CREA/PE, 2002.