



LSE BRIDGE LTDA

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORÇO DA  
ESTRUTURA DA PASSARELA DO KM 9 DA  
RODOVIA BR 316  
BELÉM-PA**

**CONTRATO SETRAN A.JUR. No 24/2018**

**OS: 031/2018-DIRTEC: 16/05/18 a 04/07/18**

**LSE-BRD-2017-19E-20180607\_MC-RE-01**

**CLIENTE: SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES –  
SETRAN  
GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ**

Belém, 8 de junho de 2018

Revisão	Descrição	Elaboração	Aprovação	Data	Assinatura
01	Inicial	Marina Fonseca	Dr. J. Fernando Rodrigues	08/06/2018	

## SUMÁRIO EXECUTIVO

Memorial de Cálculo do reforço estrutural da Passarela do km9 da rodovia BR-316, localizada no município de Ananindeua, Estado do Pará, Contrato **A.JUR. No 24/2018** firmado entre o LSE Bridge Ltda e a Secretaria de Estado de Transportes – SETRAN do Governo do Estado do Pará.

Durante a inspeção visual da passarela km9, foi identificada corrosão na transversina metálica que serve de apoio ao piso da passarela, em razão da infiltração de água entre o banzo inferior da treliça e o piso. Diante disso, recomenda-se que sejam realizados ensaios de ultrassom nas seções de escoamento de água da transversina metálica, com o objetivo de determinar a espessura efetiva desses elementos na seção corroída, e reavaliar a estrutura da passarela.

Durante o levantamento geométrico, verificou-se que a estrutura não possui contraventamentos inferiores entre os módulos metálicos da treliça. Comparando-se a geometria dessa passarela com as outras avaliadas por nossa equipe, verificamos que as outras estruturas possuem esse elemento de travamento. Portanto recomenda-se que sejam instalados elementos de contraventamento da estrutura.

Além disso, para recuperar a durabilidade desejada para a passarela, recomenda-se que as áreas com armaduras expostas e corroídas identificadas nas escadas de acesso e na face inferior das pré lajes sejam recuperadas.

Para verificar a estrutura da passarela do km9, foram utilizadas especificações da normalização atual. Verificou-se que o banzo inferior original da estrutura atende aos carregamentos de projeto, tanto quanto aos estados-limites últimos e de serviço, com margem de segurança da ordem de 2, mantendo-se os coeficientes de segurança normativos. Trata-se portanto de uma margem de segurança suficiente e adequada, sem necessidade de implantação de reforço nos banzos.

Quanto ao desempenho dinâmico da estrutura, a primeira frequência natural determinada no modelo de cálculo resultou em 3,72Hz, portanto inferior ao limite especificado pela NBR, que é de 4Hz, o que pode explicar em parte as vibrações percebidas na passarela pelo usuários.

Recomenda-se que, após a execução da intervenção aqui proposta, sejam realizados ensaios de recebimento da estrutura da passarela, com o objetivo de avaliar o desempenho dinâmico da estrutura. Recomenda-se também que a estrutura da passarela seja acompanhada com inspeções regulares a cada 2 anos, conforme indicado pela normalização pertinente.

## **EQUIPE TÉCNICA**

José Fernando Sousa Rodrigues  
*Doutor em Engenharia Civil pela EPUSP, Diretor LSE Bridge*

Marina Fonseca da Gama  
*Engenharia Civil pela UFPa*

## SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO .....	1
2. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DA PASSARELA .....	2
3. MEMORIAL DE CÁLCULO.....	8
3.1. Normas de referência.....	8
3.2. Especificação dos materiais.....	8
3.3. Ações .....	9
3.3.1 Permanentes .....	9
3.3.2 Acidentais.....	11
3.3.2.1 Sobrecarga na passarela .....	11
3.3.3 Combinações de ações .....	11
3.3.3.1 Estados-limites últimos.....	11
3.3.3.2 Estado-limite de fadiga .....	11
3.4. Análise estrutural .....	12
3.4.1. Verificação dos banzos da treliça .....	12
3.5. Análise dinâmica .....	13
4. CONCLUSÃO .....	18
ANEXO 1 – DESENHOS DO PROJETO EXECUTIVO DE REFORÇO E READEQUAÇÃO DA ESTRUTURA DA PASSARELA DO KM 9 DA RODOVIA BR 316	
ANEXO 2 – PLANILHA DE QUANTITATIVOS PARA REFORÇO DA PASS KM 9	

## 1. APRESENTAÇÃO

Memorial de Cálculo do reforço estrutural da Passarela do km9 da rodovia BR-316, localizada no município de Ananindeua, Estado do Pará, Contrato **A.JUR. No 24/2018** firmado entre o LSE Bridge Ltda e a Secretaria de Estado de Transportes – SETRAN do Governo do Estado do Pará.

## 2. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DA PASSARELA

Para a elaboração dos projetos executivos de reforço da OAE, foram utilizados os desenhos “as built” desenvolvidos pela LSE Bridge, LSE-BRD-2017-19E-20180502/DP-GE-01 e LSE-BRD-2017-19E-20180502/DP-GE-02, datados de maio de 2018.

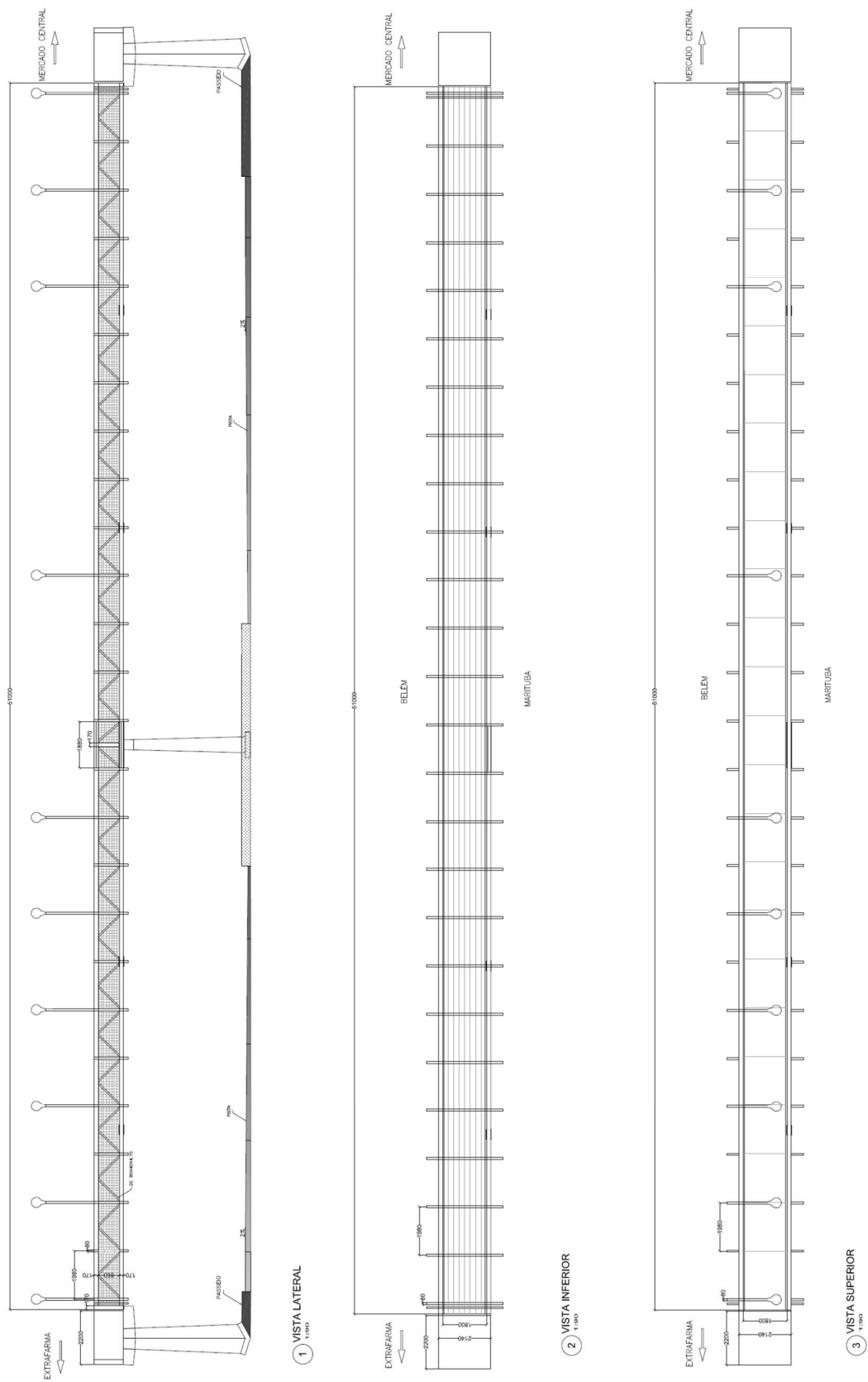
A Passarela está localizada no km 9 da BR 316, no município de Ananindeua /PA. Em planta, a passarela é retilínea e possui comprimento total de 51 m, e 2,14 m de largura. Trata-se de uma passarela treliçada, Figura 2.1. A treliça metálica apresenta altura total de 1,20 m, sendo o banzo superior e inferior formados por perfis duplo C dobrados de 170mmx85mm com 4,75 mm de espessura, a diagonal por perfis duplo C dobrados de 40mmX80mm com 4,75 mm de espessura, os montantes das extremidades por perfis duplo C dobrados de 170mmX85mm com 4,75 mm de espessura e os montantes ao longo da estrutura por perfis duplo C dobrados de 80x40 com espessura de 4,75 mm. No trecho central da passarela, os banzos superiores e inferiores são reforçados com perfis C de 180x90x5 mm de comprimentos 1,88m e de 40 cm. Ao longo da estrutura o montante é formado por perfis duplo C dobrados de 80mmx40mm e espessura de 4,75mm. As transversinas da estrutura são formadas por perfis duplo C dobrados 170mmx40mm e espessura 4,75m. Não há contraventamento no plano do piso. O piso da passarela é formado por lajotas pré-moldadas de concreto armado com 10 cm de espessura e uma laje de concreto moldada *in loco* com 3 cm de espessura. Figura 2.2, Figura 2.3 e Figura 2.4.

Os apoios da passarela são formados por pilares de concreto armado com seção retangular variável, sendo que nos pilares das extremidades essas seções estão com os eixos de simetria perpendiculares ao eixo da passarela e no pilar do meio um dos eixos de simetria da seção é paralelo ao eixo da passarela. No topo dos pilares da extremidade há uma laje apoiada em vigas que se cruzam, onde encontram-se apoiadas as extremidades das treliças metálicas. No topo do pilar do meio há uma travessa de concreto com eixo perpendicular ao eixo da passarela, onde apoiam-se os banzos inferiores das treliças. Figura 2.1.

A escada de acesso a passarela possui 2 patamares com espelho de 16 cm e piso de 30 cm, inclinação com ângulo de 28° e sua estrutura é de concreto armado.

Figura 2.5.

A transferência das cargas da superestrutura para a mesoestrutura é feita por meio de aparelhos de apoio de neoprene.



**Figura 2.1 - Vista Longitudinal e planta da estrutura da Passarela do km9**



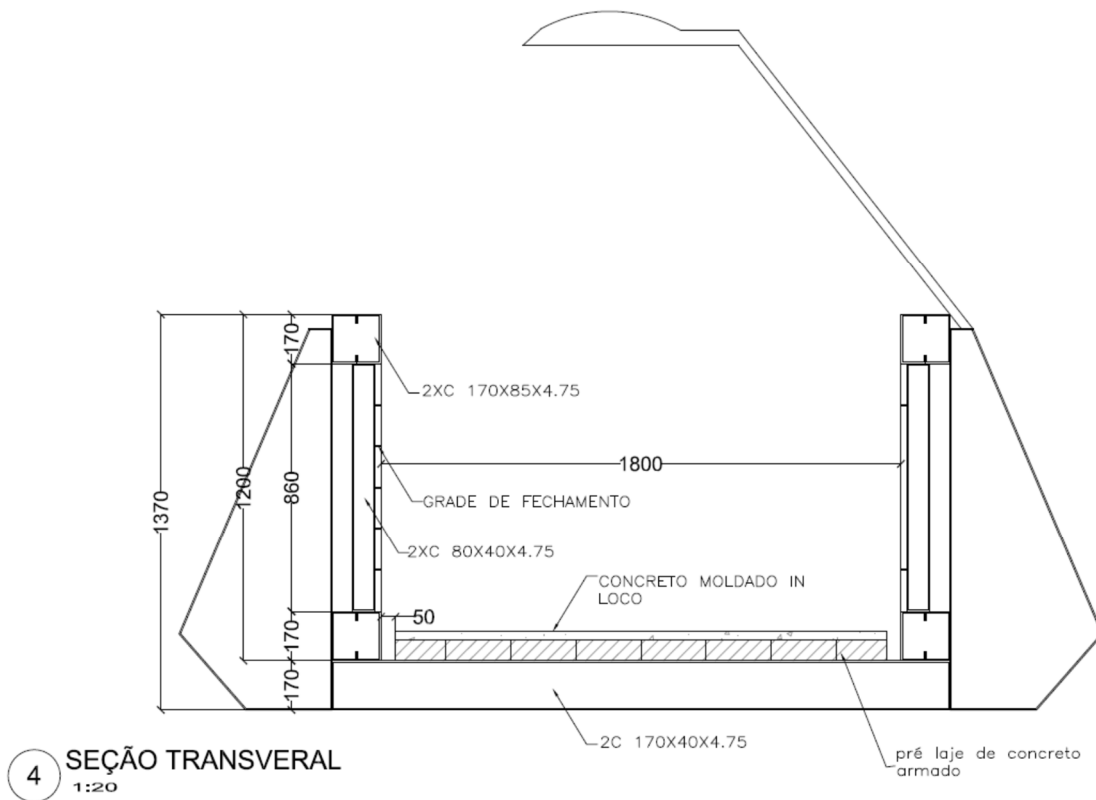


Figura 2.2 – Seção transversal típica da Passarela do km9

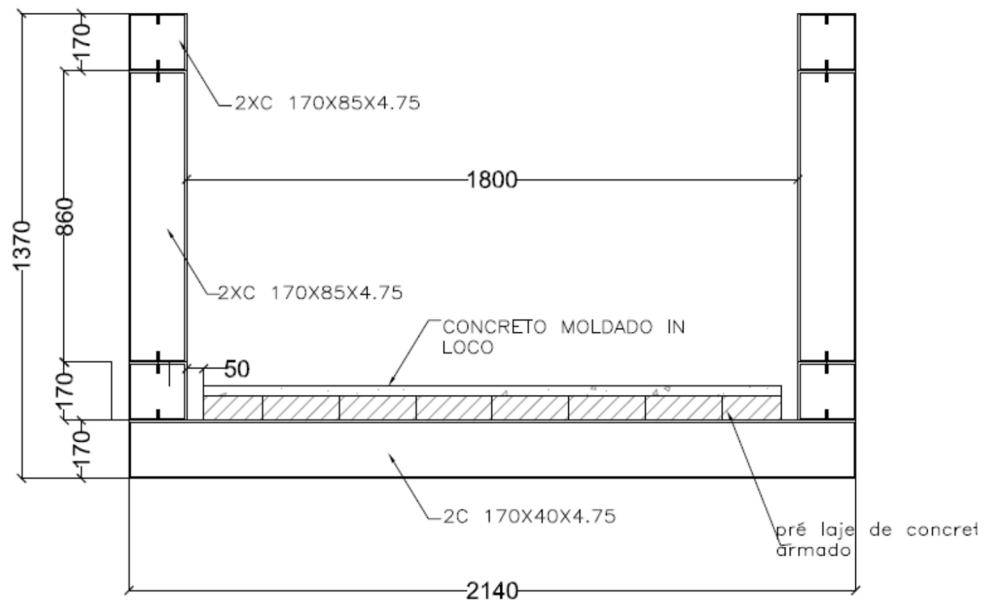
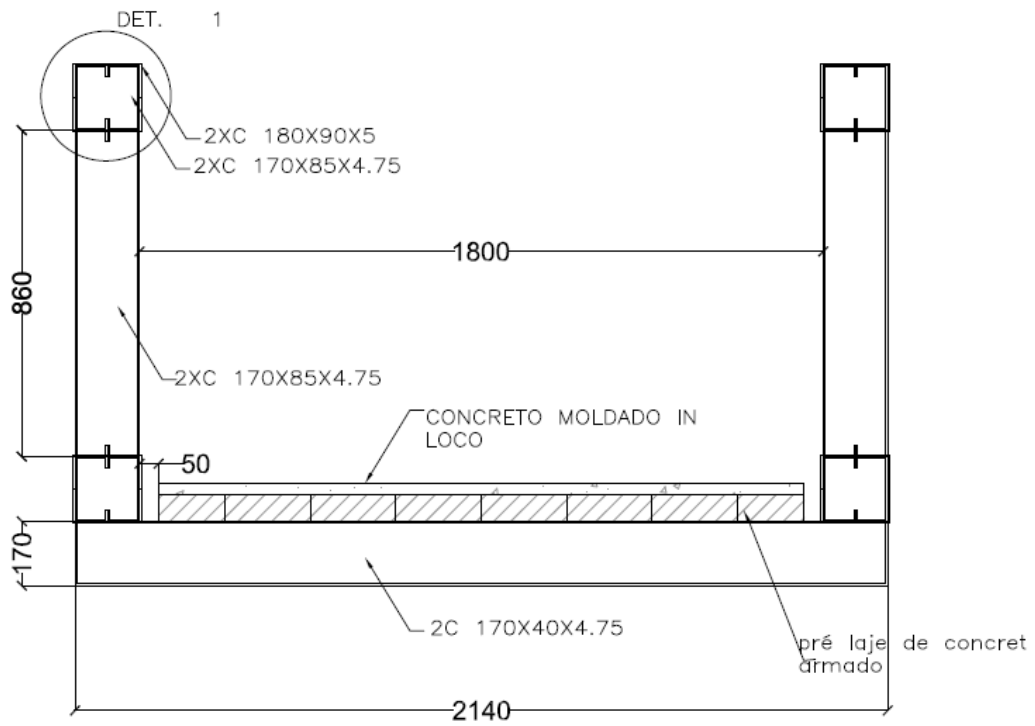
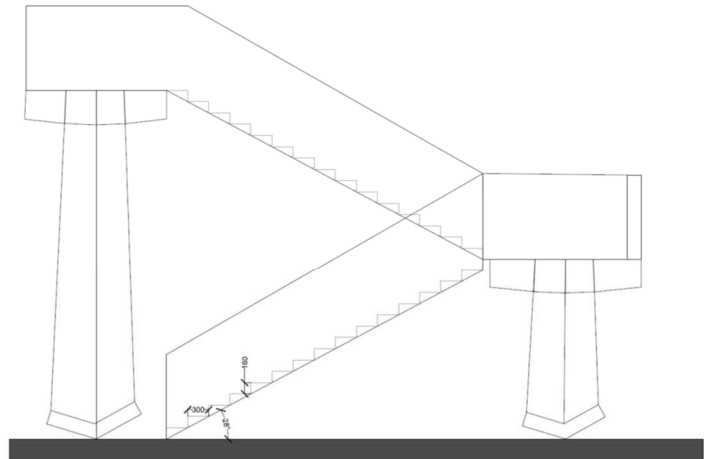


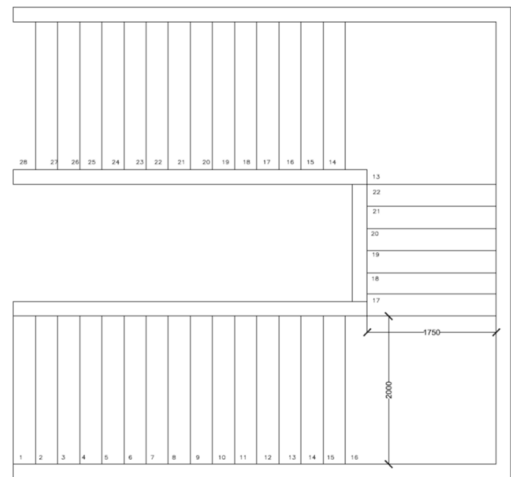
Figura 2.3 – Seção transversal da extremidade da Passarela do km9



**Figura 2.4** – Seção transversal no apoio central da Passarela do km9



1 VISTA LATERAL ESCADA  
1:40



2 PLANTA BAIXA ESCADA  
1:40

**Figura 2.5** - Vista lateral e plantas da escada de acesso à Passarela do km9

---

### 3. MEMORIAL DE CÁLCULO

#### 3.1. Normas de referência

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 8681 (2003): Ações e segurança nas estruturas - Procedimento – Rio de Janeiro;

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 8800 (2008): Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios - Procedimento – Rio de Janeiro;

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 6118 (2014): Projeto de estruturas de concreto - Procedimento – Rio de Janeiro;

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 7189 (1985): Cargas móveis para projeto estrutural de obras ferroviárias - Procedimento – Rio de Janeiro;

Computers & Structures Inc. (2011): CSI Analysis Reference Manual – For SAP2000, ETABS, SAFE and CSiBridge – Berkeley;

Eurocode 3 (2003): Design of steel structures – Part 1-8: Design of joints – Bruxelas;

PINHEIRO, A.C.F.B. (2001): Estruturas Metálicas – Cálculos, Detalhes, Exercícios e Projetos – Editora Edgard Blucher Ltda – São Paulo;

PFEIL, W.; PFEIL, M. (2015): Estruturas de Aço – Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR-8800(2008) – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda – Rio de Janeiro.

#### 3.2. Especificação dos materiais

No presente estudo, admitiu-se que o aço estrutural é o ASTM-A-36, Módulo de Elasticidade do Aço ( $E_a$ ) = 200 GPa, peso específico do aço igual a  $\gamma_s=78\text{kN/m}^3$ ,  $f_y=250\text{MPa}$  e  $f_u=400\text{MPa}$ .

Para o concreto, considerou-se  $f_{ck}=25\text{MPa}$  para o concreto das pré-lajes e do moldado in loco, armadura com aço CA-50.

Para soldas, eletrodos E-7018-W1, com resistência à tração de  $f_w=485\text{MPa}$ .

### 3.3. Ações

#### 3.3.1 Permanentes

O peso próprio da estrutura foi considerado por meio dos pesos específicos do aço  $\rho_s=78\text{kN/m}^3$  e do concreto  $\rho_c=25\text{kN/m}^3$ .

$$S.banzo := (170 \text{ mm} \cdot 4.75 \text{ mm}) \cdot 2 + (170 \text{ mm} \cdot 4.75 \text{ mm}) \cdot 2 = (3.23 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$S.mont := (80 \text{ mm} \cdot 4.75 \text{ mm}) \cdot 4 = (1.52 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$S.diag := (80 \text{ mm} \cdot 4.75 \text{ mm}) \cdot 2 + (80 \text{ mm} \cdot 4.75 \text{ mm}) \cdot 2 = (1.52 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$S.trav := 170 \text{ mm} \cdot 4.75 \text{ mm} \cdot 2 + 80 \text{ mm} \cdot 4.75 \text{ mm} \cdot 2 = (2.375 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$S.enrij := 654073 \text{ mm}^2$$

Em cada módulo de 2m de treliça, temos:

$$L.banzo := 2 \text{ m}$$

$$L.diag := 2 \cdot 1.2 \text{ m} = 2.4 \text{ m}$$

$$L.mont := 70 \text{ cm}$$

$$L.trav := 2 \text{ m}$$

$$h.enrij := 4.75 \text{ mm} \cdot 2 = 0.01 \text{ m}$$

$$V.enrij := S.enrij \cdot h.enrij = (6.214 \cdot 10^3) \text{ cm}^3 \quad V.trav := L.trav \cdot S.trav = (4.75 \cdot 10^3) \text{ cm}^3$$

$$\rho.s := 7800 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

$$V.trel2m := L.banzo \cdot S.banzo \cdot 2 + L.diag \cdot S.diag + L.mont \cdot S.mont + V.trav + V.enrij$$

$$P.trel2m := V.trel2m \cdot \rho.s = 2.187 \text{ kN}$$

$$p.trel := \frac{P.trel2m}{2 \text{ m}} = 111.523 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad (\text{incluindo somente estrutura})$$

## Peso dos elementos não estruturais

### Grade de fechamento da treliça

$$S.grade := 57.5 \text{ cm} \cdot 80 \text{ cm} \cdot 2 = (9.2 \cdot 10^5) \text{ mm}^2$$

$$P.grade := S.grade \cdot 5 \text{ mm} \cdot \rho.s = 351.863 \text{ N}$$

### Guarda-corpo

$$\phi := 10 \text{ cm}$$

$$h.gc := 5 \text{ mm}$$

$$S.gc := \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} - \frac{\pi \cdot (\phi - h.gc)^2}{4} = 765.763 \text{ mm}^2$$

$$P.gc := S.gc \cdot \rho.s = 5.973 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

### Piso de concreto

$$\rho.c := 2500 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

$$S.c := 1 \text{ m} \cdot 13 \text{ cm}$$

$$P.piso := S.c \cdot \rho.c = 325 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$p.trel2 := p.trel + \frac{P.grade}{2 \text{ m}} + P.gc + P.piso = 460.436 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad (\text{incluindo p.p. de todos elementos})$$

### 3.3.2 Acidentais

#### 3.3.2.1 Sobrecarga na passarela

Na passarela, foi adotada carga vertical uniformemente distribuída de  $q_{pass}=2\text{kN/m}^2$ .

$$q.pas := 200 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$ql.pass := q.pas \cdot 1 \text{ m} = 200 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

### 3.3.3 Combinações de ações

#### 3.3.3.1 Estados-limites últimos

Foram utilizadas combinações últimas normais (NBR 8800:2008):

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k})$$

<b>COMB1 – Carga Móvel como ação variável principal</b>	$\gamma_g = 1,3$ (Peso próprio) $\gamma_{q1} = 1,4$ (sobrecarga acidental)
---	---

#### 3.3.3.2 Estado-limite de fadiga

Foi utilizada a combinação frequente de fadiga (NBR 8800:2008):

$$F_{d,fad} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 \sum_{j=1}^n F_{Qj,k}$$

<b>COMB2 – Fadiga</b>	$\psi_1 = 1,0$ (Carga Móvel)
-----------------------	------------------------------

### 3.4. Análise estrutural

O cálculo dos esforços solicitantes nos elementos estruturais da ponte foi feito tomando-se como referência o as especificações do projeto “as built” da passarela, levantado pelo LSE Bridge.

#### 3.4.1. Verificação dos banzos da treliça

Os esforços solicitantes foram calculados no modelo numérico para as ações permanentes e acidentais. Para os banzos inferiores da treliça, elementos esses com significativa perda de seção devido a corrosão acelerada, foram determinadas as combinações mais desfavoráveis para os esforços de interesse, conforme apresentado a seguir.

Verificação estado limite último – banzos inferiores da treliça

Esforços solicitantes		$L := 25.1 \text{ m}$
$\gamma.g := 1.3$	$\gamma.q := 1.4$	
$f.d := p.trel2 \cdot \gamma.g + ql.pass \cdot \gamma.q = 878.567 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$		
$M.maxd := \frac{f.d \cdot L^2}{8} = 678.505 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$R.d := \frac{f.d \cdot L}{2} = 108.128 \text{ kN}$	
$z := 80 \text{ cm}$		
$S.banzoapoio := (170 \text{ mm} \cdot 9.75 \text{ mm}) \cdot 2 + (170 \text{ mm} \cdot 9.75 \text{ mm}) \cdot 2 = (6.63 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$		
$F.maxbanzod := \frac{M.maxd}{z} = 848.131 \text{ kN}$		
$\sigma.maxbanzod := \frac{F.maxbanzod}{S.banzoapoio} = 127.923 \text{ MPa}$		
$f.y := 250 \text{ MPa}$	$\gamma.s := 1.1$	
$f.yd := \frac{f.y}{\gamma.s} = (2.273 \cdot 10^8) \text{ Pa}$		
margem:	$k := \frac{\sigma.maxbanzod}{f.yd} = 0.563$	

Portanto para o banzo original (seção efetiva), o fator de utilização é de 0,56 considerando os valores de cálculo.



## Verificação estado limite último de fadiga – banzos inferiores da treliça

Verificação do E.L.Ultimo de fadiga

$$f.fad := p.trel2 + ql.pass = 660.436 \frac{kgf}{m}$$

$$M.fad := \frac{f.fad \cdot L^2}{8} = 510.046 \text{ kN} \cdot m$$

$$z := 80 \text{ cm}$$

$$F.maxbanzofad := \frac{M.fad}{z} = 637.557 \text{ kN}$$

$$\sigma.maxbanzofad := \frac{F.maxbanzofad}{S.banzoapoio} = 96.162 \text{ MPa}$$

$$\sigma.TH := 110 \text{ MPa} \quad \text{conforme item 3.1 da Tabela K.1 da NBR-8800}$$

$$C.f := 120 \cdot 10^8 \quad N := 2 \cdot 10^6$$

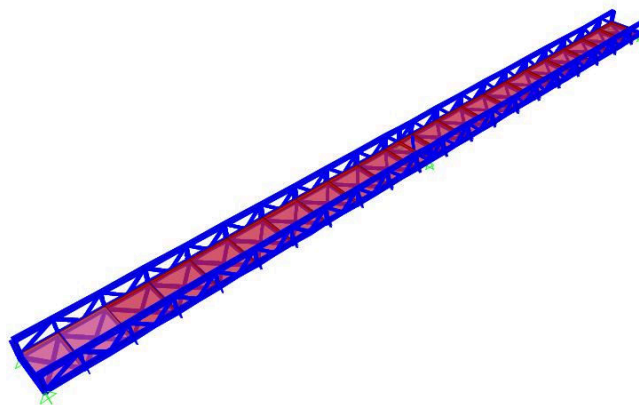
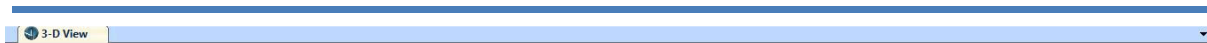
$$\sigma.SR := \left( \frac{327 \cdot C.f}{N} \right)^{0.333} \cdot MPa = (3.547 \cdot 10^3) \text{ MPa}$$

Portanto  $\sigma_{maxfad} = 96,1 \text{ MPa} < \sigma_{SR} = 3547 \text{ MPa}$

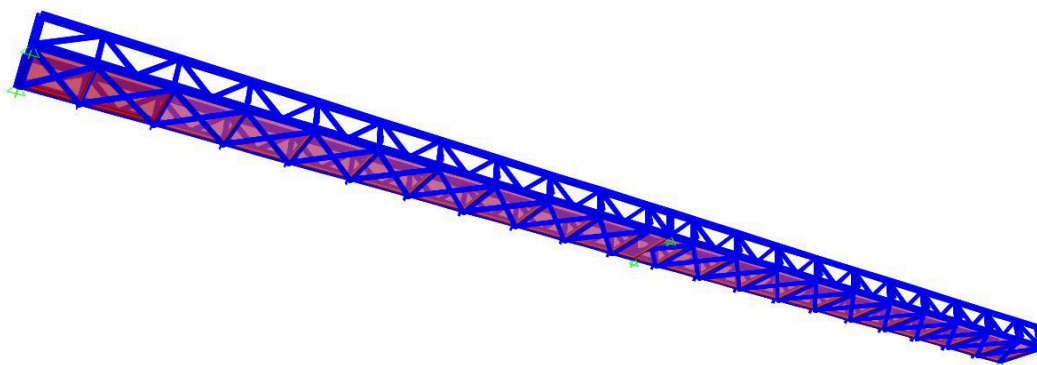
### 3.5. Análise dinâmica

Em razão das vibrações percebidas pelos usuários da passarela, foi realizada uma análise dinâmica da estrutura, principalmente no intuito de avaliar o desempenho em relação ao conforto humano. Para essa análise, foi desenvolvido no programa computacional CSiBridge v 15.0 um modelo numérico da passarela, baseado no método dos elementos finitos. Tomou-se como base as especificações do projeto da ponte, com representação do vão sobre a BR-316.

Nesse modelo, a treliça e o contraventamento foi representado por meio de elementos de barra (frame) e a laje por meio de elementos de placa (shell).



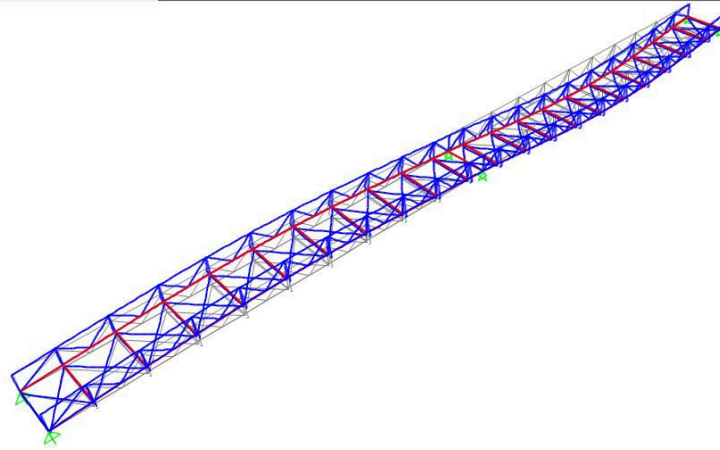
**Figura 3.5.1** – Vista isométrica do modelo da Passarela do km 9



**Figura 3.5.2** – Vista isométrica do modelo da Passarela do km 9

Nas Figura 3.5.3 a Figura 3.5.5, estão apresentadas as principais deformadas modais calculadas para o modelo espacial do vão sobre a BR-316 da Passarela km9 construído com as informações do levantamento geométrico.

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - T = 0,26866; f = 3,72221

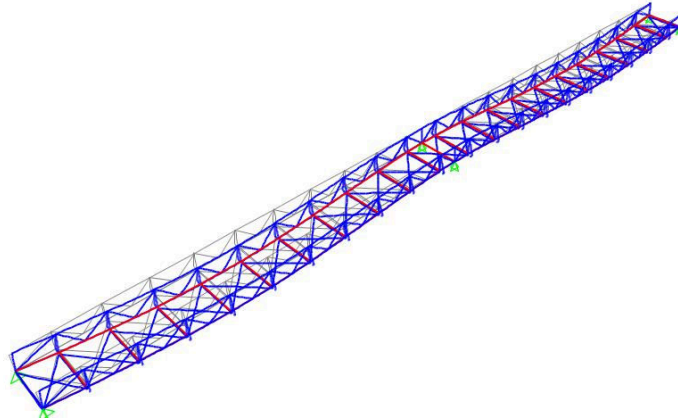


Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - T = 0,26866; f = 3,72221



**Figura 3.5.3** – Primeira deformada modal determinada no modelo numérico do vão sobre a BR-316 da Passarela km 9, frequência natural de 3,72 Hz

Deformed Shape (MODAL) - Mode 2 - T = 0.21992; f = 4.54706

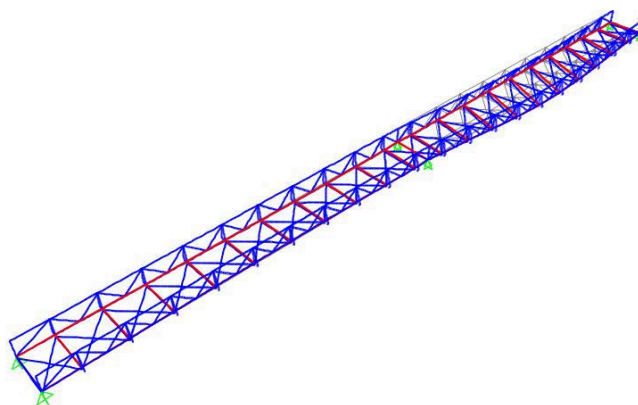


Deformed Shape (MODAL) - Mode 2 - T = 0.21992; f = 4.54706



**Figura 3.5.4** – Segunda deformada modal determinada no modelo numérico do vão sobre a BR-316 da Passarela km 9, frequência natural de 4,54 Hz

Deformed Shape (MODAL) - Mode 3 - T = 0.14283; f = 7.00132



**Figura 3.5.5** – Terceira deformada modal determinada no modelo numérico do vão sobre a BR-316 da Passarela km 9, frequência natural de 7,0 Hz

Para uma avaliação simplificada, a NBR-8800(2008) recomenda que nos pisos onde as pessoas caminham regularmente, a menor frequência natural não deve ser inferior a 4Hz. Veriifca-se na Figura 3.5.3 que a primeira frequência natural no modelo de cálculo resultou em 3,72Hz, portanto inferior ao limite especificado pela NBR. Isso pode explicar em parte as vibrações percebidas na passarela pelo usuários.

Diante disso, recomenda-se que, após a execução do reforço estrutural da passarela, sejam realizados ensaios dinâmicos com o objetivo de identificar a estrutura da passarela e avaliar o conforto humano. Isso deverá ser feito por meio de análise modal, com monitoração dos efeitos estruturais (acelerações e deformações) na estrutura quando submetida a carregamentos ambientes.

---

## 4. CONCLUSÃO

Para verificar a estrutura da passarela do km9, foram utilizadas especificações da normalização atual. Verificou-se que o banzo inferior original da estrutura atende aos carregamentos de projeto, tanto quanto aos estados-limites últimos e de serviço, com margem de segurança da ordem de 2, mantendo-se os coeficientes de segurança normativos. Trata-se portanto de uma margem de segurança suficiente e adequada, sem necessidade de implantação de reforço nos banzos.

Em razão da corrosão identificada na transversina metálica que serve de apoio ao piso da passarela, recomenda-se que sejam realizados ensaios de ultrassom nas seções de escoamento de água da transversina metálica, com o objetivo de determinar a espessura efetiva desses elementos na seção corroída, e reavaliar a estrutura da passarela. Como a estrutura não possui contraventamentos inferiores entre os módulos metálicos da treliça, recomenda-se que sejam instalados elementos de contraventamento da estrutura.

Além disso, para recuperar a durabilidade desejada para a passarela, recomenda-se que as áreas com armaduras expostas e corroídas identificadas nas escadas de acesso e na face inferior das pré lajes sejam recuperadas.

Quanto ao desempenho dinâmico da estrutura, a primeira frequência natural determinada no modelo de cálculo resultou em 3,72Hz, portanto inferior ao limite especificado pela NBR, que é de 4Hz, o que pode explicar em parte as vibrações percebidas na passarela pelo usuários.

Recomenda-se que, após a execução da intervenção aqui proposta, sejam realizados ensaios de recebimento da estrutura da passarela, com o objetivo de avaliar o desempenho dinâmico da estrutura. Recomenda-se também que a estrutura da passarela seja acompanhada com inspeções regulares a cada 2 anos, conforme indicado pela normalização pertinente.

Atenciosamente,

Belém, 8 de junho de 2018.

---

Dr. José Fernando Sousa Rodrigues  
*Diretor do LSE Bridge*  
*Responsável Técnico pelo trabalho*

## ANEXO 1

# DESENHOS DO PROJETO EXECUTIVO DE REFORÇO E READEQUAÇÃO DA ESTRUTURA DA PASSARELA DO KM 9 DA RODOVIA BR 316

ANEXO 2

PLANILHA DE QUANTITATIVOS PARA REFORÇO DA  
PASSARELA KM 9



**Tabela 1 – Planilha geral dos quantitativos para reforço da Passarela km9**

PASSARELA km9 -Mercado Ananindeua				
Código	Descrição dos Serviços	Especificações	Unidade	Quantidade
	<b>SERVIÇOS PRELIMINARES E APOIO</b>			
	CUSTOS DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS		und	1,00
	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS		und	1,00
	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA		und	1,00
	LOCAÇÃO DE MUNCK		mês	1,00
	<b>TOTAL SERVIÇOS PRELIMINARES</b>			
	<b>SERVIÇOS DE SINALIZAÇÃO DE VIA</b>			
	PROJETO DE SINALIZAÇÃO DE VIA		und	1,00
	SINALIZAÇÃO DE VIA DURANTE A REALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS (aprox. 45 dias)		und	1,00
	<b>TOTAL SERVIÇOS SINALIZAÇÃO</b>			
	<b>ACESSOS</b>			
1 A 01 405 01	ANDAIMES DE MADEIRA (somente trecho escada)	ES-333	m³	135,90
	FORN. MONTAGEM E COLOCAÇÃO DE ANDAIMES SUSPENSOS (trecho sobre a BR)	EP-08	m²	102,00
	<b>TOTAL MESOESTRUTURA</b>			
	<b>ESCADAS DE ACESSO</b>			
	LIMPEZA DAS SUPERFÍCIES PARA REMOÇÃO DE MATERIAIS SOLTOS C/ HIDROJATEAMENTO ALTA PRESSÃO	EP-06	m²	291,25
73954/002	FORN. APLIC. ARGAMASSA TIXOTRÓPICA, TIPO SIKATOP 122 OU SIMILAR	EP-05	m³	5,82
	PINTURA latex acrílica amb externo, duas demãos - 73954/002		m²	291,25
	<b>TOTAL ESCADAS DE ACESSO</b>			
	<b>MESOESTRUTURA</b>			
	<b>PILARES</b>			
	LIMPEZA DAS SUPERFÍCIES PARA REMOÇÃO DE MATERIAIS SOLTOS C/ HIDROJATEAMENTO ALTA PRESSÃO	EP-06	m²	31,80
3808043	FORN. APLIC. ARGAMASSA TIXOTRÓPICA, TIPO SIKATOP 122 OU SIMILAR	EP-05	m³	0,20
	PINTURA latex acrílica amb externo, duas demãos - 73954/002		m²	31,80
	<b>TOTAL MESOESTRUTURA</b>			
	<b>SUPERESTRUTURA</b>			
	<b>LAJES</b>			
	APICOAMENTO COM FERRAMENTAS MANUAIS SUP. CONCRETO	EP-06	m²	102,00
	LIMPEZA DAS SUPERFÍCIES PARA REMOÇÃO DE MATERIAIS SOLTOS C/ HIDROJATEAMENTO ALTA PRESSÃO	EP-06	m²	102,00
	FORN. APLIC. DE PINTURA PROTETORA E PONTE DE ADERÊNCIA EM SUPERFÍCIE DE CONCRETO E ARMADURAS EXPOSTAS COM SIKATOP 108 ARMATEC OU SIMILAR	EP-07	m²	20,40
	FORN. APLIC. ARGAMASSA TIXOTRÓPICA, TIPO SIKATOP 122 OU SIMILAR	EP-05	m³	0,41
	<b>REFORÇO E RECUPERAÇÃO DA SUPERESTRUTURA METÁLICA</b>			
M1378	FORNECIMENTO DE PERFIS E CHAPAS DE AÇO A-36 (instalação do contraventamento e reposição do corrimão da escada)		kg	777,10
	Solda Mig - reforço		m	40,00
	Oxi corte		m	20,00
M804	FORNECIMENTO DE CABOS DE AÇO D=13MM (CONTRAVENTAMENTO)		kg	99,30
M0018	FORNECIMENTO DE GRAMPO P/ CABO DE AÇO D=13MM		und	300,00
M0019	FORNECIMENTO DE ESTICADOR P/ CABO DE AÇO D=13MM		und	50,00
2408070	PINTURA EPÓXI EM CHAPA DE AÇO		m²	378,85
	<b>TOTAL SUPERESTRUTURA</b>			
	<b>CONTROLE DE QUALIDADE DOS SERVIÇOS</b>			
	ENSAIO DE LÍQUIDO PENETRANTE		m	30,00
	ENSAIOS DINAMICOS PARA HOMOLOGAÇÃO DO REFORÇO		und	1,00
	ENSAIOS COM ULTRASOM		dia	5,00

**Tabela 2 – Quantitativo de peças para instalação**

Qtde. de peça	N° e Esp da chapa(pol)Aço Carbono	Esp.da chapa(mm)	Larg. da chapa(mm)	Comp.da chapa(mm)	Peso unitário(kg)	Peso total(kg)
<b>PEÇAS PARA INSTALAÇÃO</b>						
200	1/2	12,7	100	100	1,0	199,4
Total peças de reforço (kg):						<b>199,4</b>

**Tabela 3 – Quantitativo de cabos de aço classe 6x9-Alma de Aço Ø13mm**

Cabo de Aço	Comp. Total (m)	Massa(Kg/m)	Peso total(Kg)
Cabo de Aço Classe 6x19	145	0,685	<b>99,325</b>

**Tabela 4 – Quantitativo de grampos para ancoragem**

Grampos para ancoragem	Unidade	Quantidade	Total
Grampos para ancoragem	unidade	300	<b>300</b>

Grampos para ancoragem	Unidade	Quantidade	Total
Grampos para ancoragem	unidade	300	<b>300</b>

**Tabela 5 – Quantitativo de esticadores**

Esticadores	Unidade	Quantidade	Total
Esticadores	unidade	50	<b>50</b>

## Memória de cálculo dos quantitativos

### Acessos

andaimes de madeira - trecho sobre as escadas

da base até 1o. patamar:  $V.1 := \frac{(5.30 \text{ m}) \cdot 2.60 \text{ m}}{2} \cdot 2 \text{ m} = 13.78 \text{ m}^3$

patamar  $V.2 := 1.75 \text{ m} \cdot 6.40 \text{ m} \cdot 2.56 \text{ m} = 28.672 \text{ m}^3$

do 1o. ao 2o. patamar (passarela):  $V.3 := \frac{5.10 \text{ m} \cdot 5 \text{ m}}{2} \cdot 2 \text{ m} = 25.5 \text{ m}^3$

$V.\text{andaime} := 2 \cdot (V.1 + V.2 + V.3) = 135.904 \text{ m}^3$

andaime suspenso - trecho sobre BR

$A.\text{suspenso} := 2 \text{ m} \cdot 51 \text{ m} = 102 \text{ m}^2$

escadas de acesso - limpeza e lavagem

$Esc := ((160 \text{ cm} \cdot 2 \text{ m} \cdot 28 \cdot 2) + (300 \text{ cm} \cdot 2 \text{ m} \cdot 28 \cdot 2) + ((6.75 \text{ m} + 6.75 \text{ m} + 6.40 \text{ m}) \cdot 1 \text{ m}) \cdot 2) = 555 \text{ m}^2$

$Esc.\text{part} := (2 \text{ m} \cdot 1.75 \text{ m} \cdot 4) + (2 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} \cdot 2) = 22 \text{ m}^2$

$Esc.\text{pilar} := \frac{(65 \text{ cm} + 41 \text{ cm})}{2} \cdot 2.60 \text{ m} \cdot 4 = 5.512 \text{ m}^2$

$Alimp.\text{escada} := (Esc + Esc.\text{part} + Esc.\text{pilar}) \cdot 2 = (1.165 \cdot 10^3) \text{ m}^2$

Área exposta - escadas (aprox. 25% da escada)

$S.\text{pcent} := Alimp.\text{escada} \cdot 0.25 = 291.256 \text{ m}^2$

Escada - reparo c/ argamassa tixotropica

$V.\text{ptixo} := S.\text{pcent} \cdot 2 \text{ cm} = 5.825 \text{ m}^3$

### Reparo / recuperação da meso estrutura

pilares - limpeza e lavagem

área exposta - pilares  
passarela:  $S.\text{pcent} := \left( \frac{65 \text{ cm} + 41 \text{ cm}}{2} \right) \cdot 5 \text{ m} \cdot 4 \cdot 3 = 31.8 \text{ m}^2$

$S.\text{pilares} := S.\text{pcent} = 31.8 \text{ m}^2$

pilares - reparo c/ argamassa tixotropica

$V.\text{ptixo} := 10 \text{ m}^2 \cdot 2 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}^3$

Reparo/reforço/recuperação da superestrutura

Lajes - limpeza

$$L.vaoBR := 51 \text{ m}$$

$$L.tot := L.vaoBR = 51 \text{ m}$$

$$S.inflaje := L.tot \cdot 2 \text{ m} = 102 \text{ m}^2$$

Lajes - pintura protetora das armaduras (aprox. 20% da face inferior das lajes)

$$S.pprot := 0.2 \cdot S.inflaje = 20.4 \text{ m}^2$$

Lajes - reparo com argamassa tixotrópica

$$V.ltixo := S.pprot \cdot 2 \text{ cm} = 0.408 \text{ m}^3$$

Estrutura metálica

quantidade de aço conforme planilha anexa

Estimativa da solda linear

solda para instalar cantoneira de fixação do contraventamento:

$$L.cantoneira := 100 \text{ mm} \cdot 4 = 0.4 \text{ m}$$

$$L.soldanoinf := L.cantoneira = 0.4 \text{ m}$$

$$n.nosinfvaoBR := 4 \cdot 25 = 100$$

$$n.nosinf := n.nosinfvaoBR = 100$$

$$L.soldaref := L.soldanoinf \cdot n.nosinf = 40 \text{ m}$$

Estimativa do corte com oxicorte - 50% da solda linear

### Pintura - estrutura metálica

Cada módulo de treliça 2m, possui área exposta:

$$L.\text{pintbanzo} := 170 \text{ mm} + 170 \text{ mm} + 170 \text{ mm} + 170 \text{ mm} = 0.68 \text{ m}$$

$$S.\text{pintbanzo} := L.\text{pintbanzo} \cdot 2 \text{ m} \cdot 4 = 5.44 \text{ m}^2$$

$$L.\text{pintdiag} := (80 \text{ mm} + 80 \text{ mm}) \cdot 2 \cdot 2 = 0.64 \text{ m}$$

$$S.\text{pintdiag} := L.\text{pintdiag} \cdot 1.4 \text{ m} \cdot 4 = 3.584 \text{ m}^2$$

$$L.\text{pintmont} := (80 \text{ mm} + 80 \text{ mm}) \cdot 2 = 0.32 \text{ m}$$

$$S.\text{pintmont} := L.\text{pintmont} \cdot 860 \text{ mm} \cdot 2 = 0.55 \text{ m}^2$$

$$S.\text{pintenrij} := \left( \left( \frac{523 \text{ mm} + 165 \text{ mm}}{2} \cdot 1150 \text{ mm} \right) + \left( \frac{523 \text{ mm} + 300 \text{ mm}}{2} \cdot 200 \text{ mm} \right) \right) \cdot 4 = 1.912 \text{ m}^2$$

$$S.\text{pintlateralrij} := (1.2 \text{ m} + 0.3 \text{ m} \cdot 2 + 0.2 \text{ m}) \cdot 10 \text{ cm} \cdot 2 = 0.4 \text{ m}^2$$

$$S.\text{pintgrade} := 860 \text{ mm} \cdot 1.90 \text{ m} \cdot 2 = 3.268 \text{ m}^2$$

$$S.\text{pintestrutura} := S.\text{pintbanzo} + S.\text{pintdiag} + S.\text{pintmont} = 9.574 \text{ m}^2$$

$$S.\text{pintelem} := S.\text{pintenrij} + S.\text{pintgrade} + S.\text{pintlateralrij} = 5.58 \text{ m}^2$$

$$S.\text{pintmod2m} := S.\text{pintestrutura} + S.\text{pintelem} = 15.154 \text{ m}^2$$

$$n.\text{modulosvaoBR} := 25$$

$$n.\text{mods} := n.\text{modulosvaoBR} = 25$$

$$S.\text{pint} := S.\text{pintmod2m} \cdot n.\text{mods} = 378.85 \text{ m}^2$$

### Substituição do corrimão da escada de acesso

$$L.\text{cor} := (6.75 \text{ m} + 6.40 \text{ m} + 6.75 \text{ m} + 4.60 \text{ m} + 4.60 \text{ m} + 1.60 \text{ m}) \cdot 2 = 61.4 \text{ m}$$

$$\phi.\text{cor} := 10 \text{ cm} \quad h.\text{cor} := 4 \text{ mm} \quad \gamma.s := 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\phi.\text{intcor} := \phi.\text{cor} - 2 \cdot h.\text{cor} = 9.2 \text{ cm}$$

$$S.\text{cor} := \frac{\pi \cdot \phi.\text{cor}^2}{4} - \frac{\pi \cdot \phi.\text{intcor}^2}{4} = 12.064 \text{ cm}^2$$

$$P.\text{cor} := L.\text{cor} \cdot S.\text{cor} \cdot \gamma.s = 577.755 \text{ kg}$$