



LSE BRIDGE LTDA

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORÇO DA
ESTRUTURA DA PASSARELA DO KM 2 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-2017-19A-20180518_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 km2 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 do km2 da BR-316, foi identificada corrosão avançada nos elementos que compõem a estrutura da passarela, o que acarretou perdas significativas de seção nos banzos inferiores das vigas treliçadas e nas ligações do contraventamento com a travessa. Portanto, nessas regiões, a capacidade portante da passarela está reduzida e sua estabilidade encontra-se comprometida. Diante disso, recomendou-se imediato reforço dos banzos das treliças e imediata remoção dos contraventamentos horizontais localizados nos módulos próximos aos apoios da extremidade da passarela, remoção imediata das chapas de fechamento das treliças, cujas bordas estão quase que totalmente desligadas da estrutura principal, ou ações de redução da quantidade de pedestres que por ali trafegam. Além disso, para recuperar a durabilidade desejada para a passarela, recomenda-se que as áreas com armaduras expostas e corroídas identificadas na face inferior das pré lajes sejam recuperadas.

Para verificar a estrutura da passarela do km2, 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 1,5, mantendo-se os coeficientes de segurança normativos. Dessa forma, foi especificado um reforço com perfil C dos banzos inferiores da treliça, que é suficiente para restabelecer as margens de segurança da superestrutura da passarela para valores suficientes e adequados, visando o prolongamento da vida residual dessa estrutura.

Também foi experimentado durante as inspeções um desconforto decorrente de vibrações excessivas, inclusive em situações com poucas pessoas trafegando sobre a passarela. 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 dos reforços, sejam realizados ensaios de recebimento da estrutura da passarela, com o objetivo de avaliar a eficiência dos reforços empregados e o desempenho dinâmico da estrutura. Recomenda-se também que a estrutura da passarela seja acompanhada com inspeções regulares a cada 2 anos, durante os próximos 6 anos. Após 6 anos, a frequência das inspeções poderá ser alterada em função dos resultados observados.

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	14
4. CONCLUSÃO	19
ANEXO 1 – DESENHOS DO PROJETO EXECUTIVO DE REFORÇO E READEQUAÇÃO DA ESTRUTURA DA PASSARELA DO KM 2 DA RODOVIA BR 316	
ANEXO 2 – PLANILHA DE QUANTITATIVOS PARA REFORÇO DA PASS KM 2	

1. APRESENTAÇÃO

Memorial de Cálculo do reforço estrutural da Passarela do km2 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-2017-19A-20182301/DP-GE-01 e LSE-BRD-2017-19A-20182301/DP-GE-02, datados de abril de 2018.

A Passarela está localizada no km 2 da BR 316, no município de Ananindeua /PA. Em planta, a passarela é retilínea e possui comprimento total de 42 m, e 2,30 m de largura. Trata-se de uma passarela treliçada, Figura 2.1. A treliça metálica possui altura total de 1,15 m, sendo o banzo superior e inferior formados por perfil duplo C dobrados de 200mm x 75 mm com 4,75 mm de espessura, a diagonal por perfil duplo C dobrados de 50mm x 100mm com 4,75 mm de espessura, os montantes das extremidades por perfil duplo C dobrados de 200mm x 75 mm com 4,75 mm de espessura e os montantes ao longo da estrutura por perfil duplo C dobrados de 100 mm x 50mm com 4,75 mm de espessura. No trecho central da passarela, os banzos superiores são reforçados com chapas soldadas de espessura de 5 mm e o montante por perfis duplo C dobrados de 200mmx75mm e espessura 4,75mm. As transversinas da estrutura são formadas por perfil duplo C 200mm x 50mm com 4,75 mm de espessura. Ao longo da passarela o contraventamento metálico é formado por perfil duplo C de 80mm x 40mm e 4,75mm de espessura. 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 é de concreto armado e possui inclinação de 27°. Os patamares da escada estão apoiados em pilares de concreto armado. Figura 2.5.

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

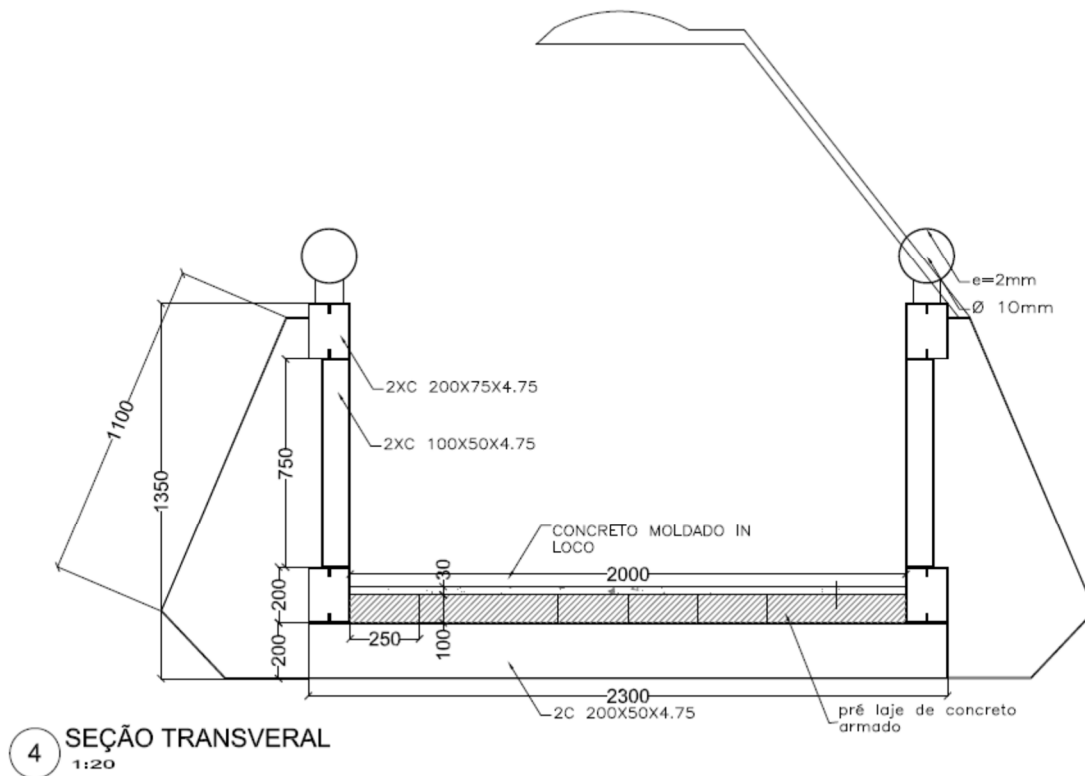


Figura 2.2 – Seção transversal típica da Passarela do km2

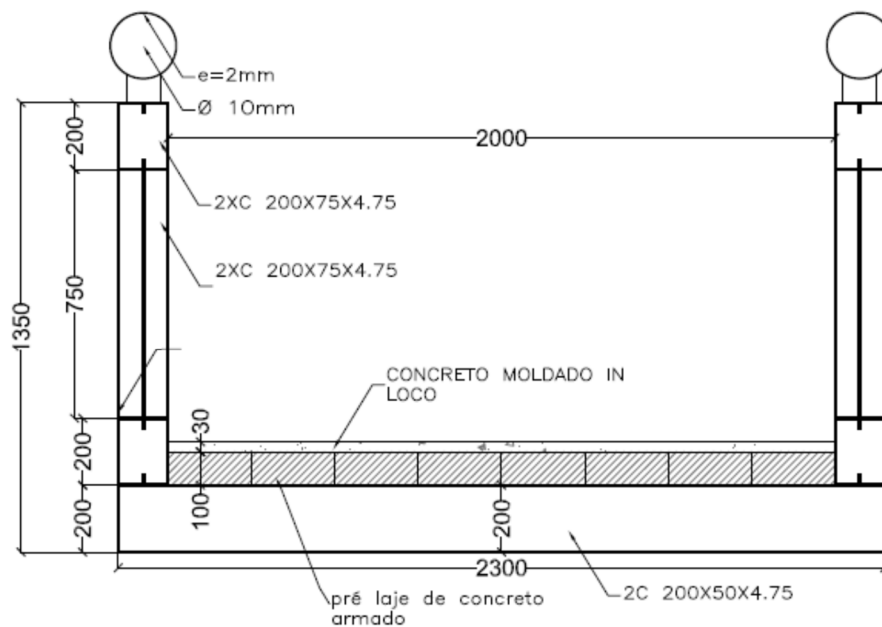


Figura 2.3 – Seção transversal da extremidade da Passarela do km2

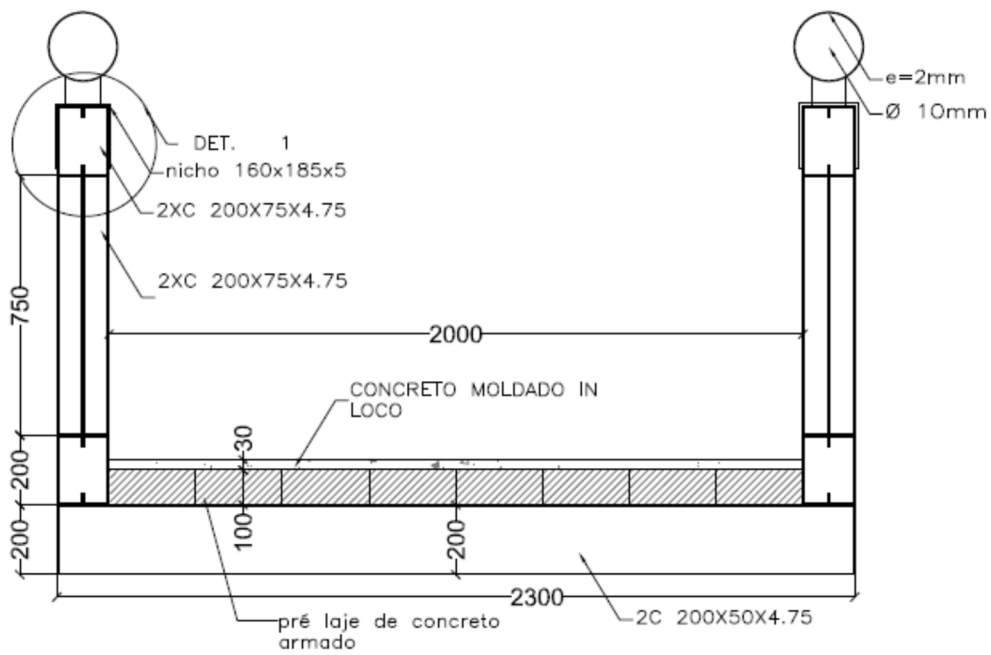


Figura 2.4 – Seção transversal no apoio central da Passarela do km2

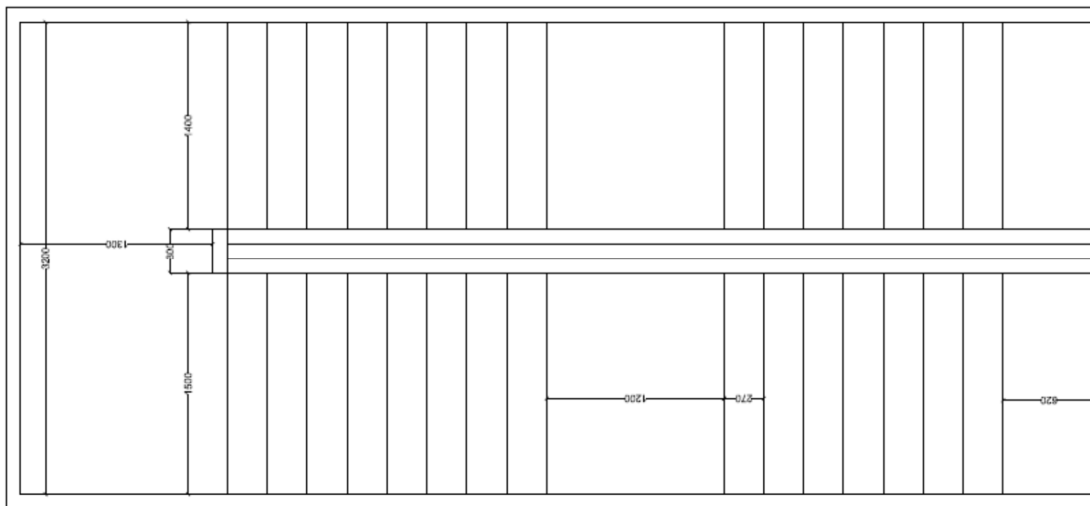
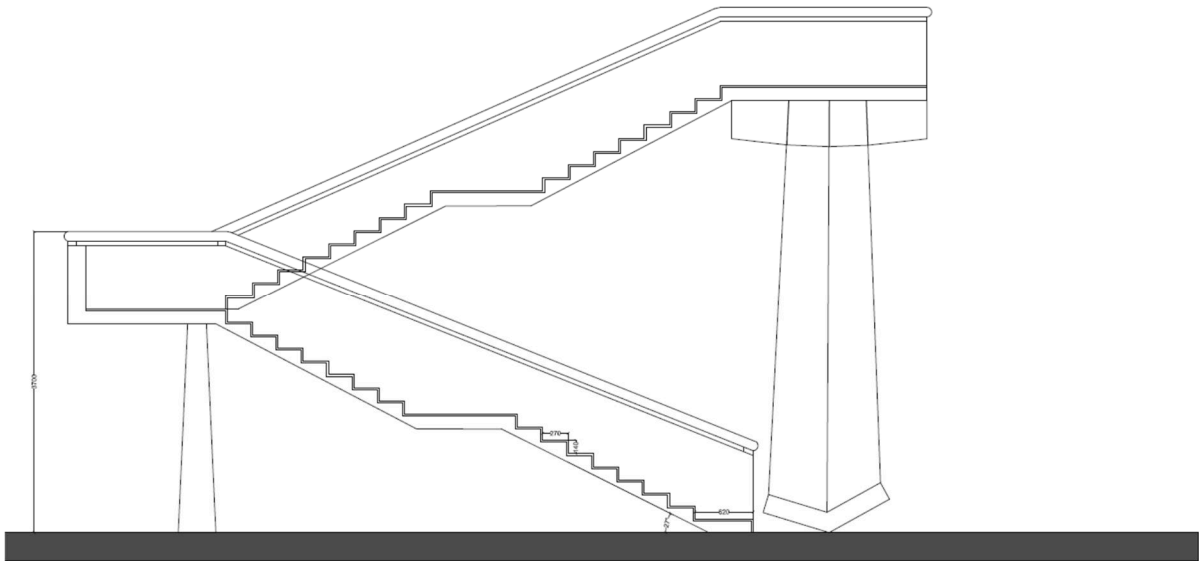


Figura 2.5 - Vista lateral e plantas da escada de acesso à Passarela do km2

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 CSI Bridge – 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 $\rho_c=25\text{kN/m}^3$.

$$S.banzo := (200 \text{ mm} \cdot 4.75 \text{ mm}) \cdot 2 + (150 \text{ mm} \cdot 4.75 \text{ mm}) \cdot 2 = (3.325 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$S.mont := (100 \text{ mm} \cdot 4.75 \text{ mm}) \cdot 4 = (1.9 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$S.diag := S.mont = (1.9 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$S.trav := 200 \text{ mm} \cdot 4.75 \text{ mm} \cdot 2 + 100 \text{ mm} \cdot 4.75 \text{ mm} \cdot 2 = (2.85 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

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

Em cada módulo de 2m de treliça, temos:

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

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

$$L.mont := 75 \text{ cm}$$

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

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

$$V.enrij := S.enrij \cdot h.enrij = (6.214 \cdot 10^3) \text{ cm}^3 \quad V.trav := L.trav \cdot S.trav = (5.7 \cdot 10^3) \text{ cm}^3$$

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

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

$$P.trel2m := V.trel2m \cdot \rho.s = 2.386 \text{ kN}$$

$$p.trel := \frac{P.trel2m}{2 \text{ m}} = 121.675 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad (\text{incluindo somente estrutura})$$

Peso dos elementos não estruturais

Placa de fechamento da treliça

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

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

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

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

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

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

$$p.trel2 := p.trel + \frac{P.placa}{2 \text{ m}} + P.gc + P.piso = 470.588 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad (\text{incluindo p.p. de todos elementos})$$

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):

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

COMB1 – Carga Móvel como ação variável principal	$\gamma_g = 1,3$ (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):

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

COMB2 – Fadiga	$\psi_1 = 1,0$ (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	$L := 20.8 \text{ m}$
$\gamma.g := 1.3$	$\gamma.q := 1.4$
$f.d := p.trel2 \cdot \gamma.g + ql.pass \cdot \gamma.q = 891.764$	$\frac{kgf}{m}$
$M.maxd := \frac{f.d \cdot L^2}{8} = 472.941$	$kN \cdot m$
$R.d := \frac{f.d \cdot L}{2} = 90.95$	kN
$z := 85$	cm
$F.maxbanzod := \frac{M.maxd}{z} = 556.402$	kN
$\sigma.maxbanzod := \frac{F.maxbanzod}{S.banzo} = 167.339$	MPa
$f.y := 250$	MPa
	$\gamma.s := 1.1$
$f.yd := \frac{f.y}{\gamma.s} = (2.273 \cdot 10^8)$	Pa
margem:	$k := \frac{\sigma.maxbanzod}{f.yd} = 0.736$

Portanto para o banzo original (seção efetiva), o fator de utilização é de 0,73 considerando os valores de cálculo.

Para as seções com perda de seção:

Considerando que a seção (do meio do vão) esteja com 25% de perda devida corrosão, temos:

$$\sigma_{maxbanzocord} := \frac{F_{maxbanzod}}{S_{banzo} \cdot 0.75} = 223.118 \text{ MPa}$$

$$\text{fator de utilização: } k := \frac{\sigma_{maxbanzocord}}{f_{yd}} = 0.982$$

Para o banzo com perda de seção de 25%, o fator de utilização aumenta para 0,98, mantendo ainda os coeficientes de segurança.

Portanto com o reforço de C150x50x3,75 no banzo inferior (meio do vão) com 25% de perda de seção:

$$\sigma_{maxbanzorefd} := \frac{F_{maxbanzod}}{S_{banzo} \cdot 0.7 + ((150 + 2 \cdot 50) \text{ mm} \cdot 3.75 \text{ mm})} = 170.414 \text{ MPa}$$

$$\text{fator de utilização: } k := \frac{\sigma_{maxbanzorefd}}{f_{yd}} = 0.75$$

O banzo inferior volta a operar com margens de segurança estrutural adequada e suficiente

Portanto reforçando o banzo inferior com C 150x50x3,75, a margem volta a ser próxima da estrutura original.

Verificação estado limite último de fadiga – banzos inferiores da treliça

Verificação do E.L.Ultimo de fadiga

$$f.fad := p.trel2 + ql.pass = 670.588 \frac{kgf}{m}$$

$$M.fad := \frac{f.fad \cdot L^2}{8} = 355.642 \text{ kN} \cdot m$$

$$z := 90 \text{ cm}$$

$$F.maxbanzofad := \frac{M.fad}{z} = 395.158 \text{ kN}$$

$$\sigma.maxbanzofad := \frac{F.maxbanzofad}{S.banzo} = 118.844 \text{ MPa}$$

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

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

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

Portanto $\sigma_{maxfad} = 118,8 \text{ MPa} < \sigma_{SR} = 3547 \text{ MPa}$

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).

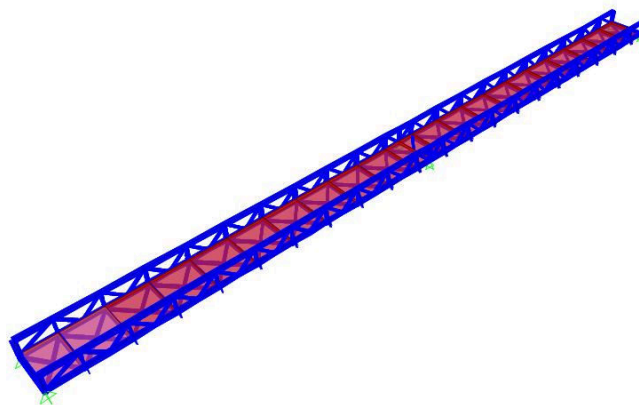
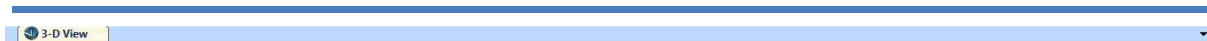


Figura 3.5.1 – Vista isométrica do modelo da Passarela do km 2

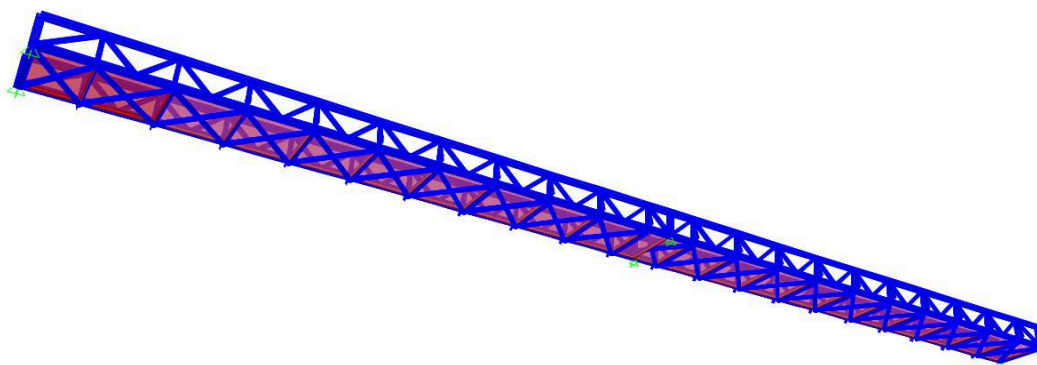
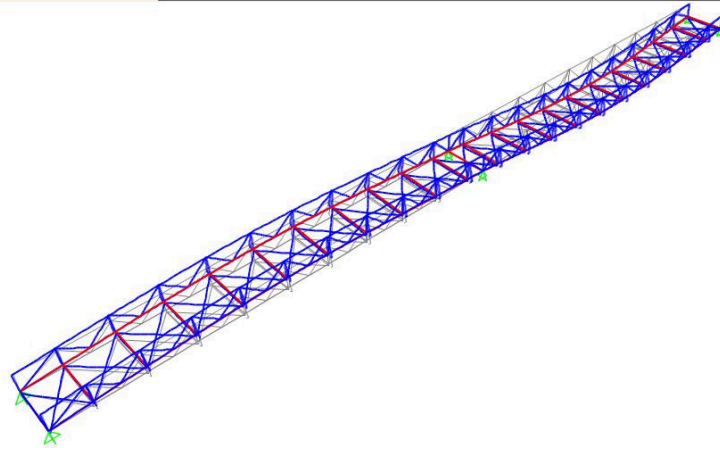


Figura 3.5.2 – Vista isométrica do modelo da Passarela do km 2

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 km2 construído com as informações do levantamento geométrico.

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

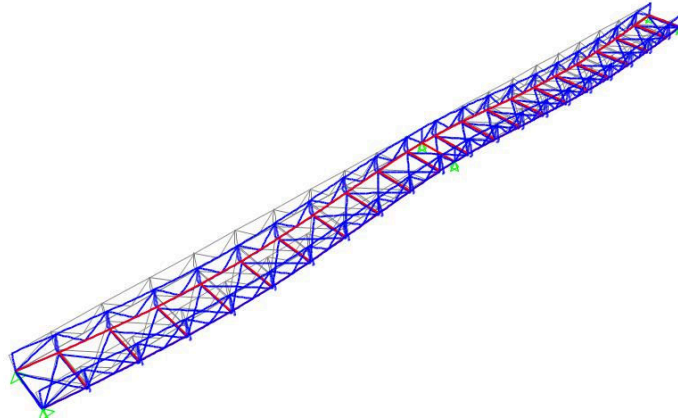


Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - T = 0,26866; f = 3,72221



Figura 3.5.3 – Primeira deformada modal determinada no modelo numérico do vão sobre a BR-316 da Passarela km 2, 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 2, frequência natural de 4,54 Hz

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

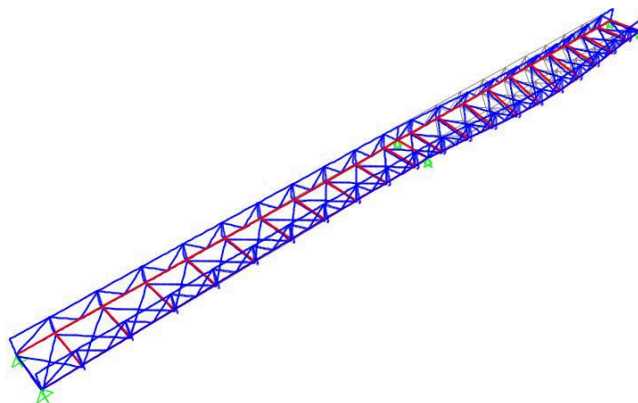


Figura 3.5.5 – Terceira deformada modal determinada no modelo numérico do vão sobre a BR-316 da Passarela km 2, frequência natural de 7,0 Hz

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 km2, 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 1,5, mantendo-se os coeficientes de segurança normativos. Dessa forma, foi especificado um reforço com perfil C dos banzos inferiores da treliça, que é suficiente para restabelecer as margens de segurança da superestrutura da passarela para valores suficientes e adequados, visando o prolongamento da vida residual dessa estrutura.

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 dos reforços, sejam realizados ensaios de recebimento da estrutura da passarela, com o objetivo de avaliar a eficiência dos reforços empregados e o desempenho dinâmico da estrutura. Recomenda-se também que a estrutura da passarela seja acompanhada com inspeções regulares a cada 2 anos, durante os próximos 6 anos. Após 6 anos, a frequência das inspeções poderá ser alterada em função dos resultados observados.

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 2 DA RODOVIA BR 316

ANEXO 2

PLANILHA DE QUANTITATIVOS PARA REFORÇO DA
PASSARELA KM 2

Tabela 1 – Planilha geral dos quantitativos para reforço da Passarela km2

PASSARELA km2 - Supermercado Lider				
Código	Descrição dos Serviços	Especificações	Unidade	Quantidade
	SERVIÇOS PRELIMINARES E APOIO			
	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
	TOTAL SERVIÇOS PRELIMINARES			
	SERVIÇOS DE SINALIZAÇÃO DE VIA			
	PROJETO DE SINALIZAÇÃO DE VIA		und	1,00
	SINALIZAÇÃO DE VIA DURANTE A REALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS (aprox. 45 dias)		und	1,00
	TOTAL SERVIÇOS SINALIZAÇÃO			
	ACESSOS			
1 A 01 405 01	ANDAIMES DE MADEIRA (somente trecho escada)	ES-333	m³	114,99
	FORN. MONTAGEM E COLOCAÇÃO DE ANDAIMES SUSPENSOS (trecho sobre a BR)	EP-08	m²	84,00
	TOTAL MESOESTRUTURA			
	ESCADAS DE ACESSO			
	LIMPEZA DAS SUPERFÍCIES PARA REMOÇÃO DE MATERIAIS SOLTOS C/ HIDROJATEAMENTO ALTA PRESSÃO	EP-06	m²	2472,00
73954/002	FORN. APLIC. ARGAMASSA TIXOTRÓPICA, TIPO SIKATOP 122 OU SIMILAR	EP-05	m³	0,04
	PINTURA latex acrílica amb externo, duas demãos - 73954/002		m²	2472,00
	TOTAL ESCADAS DE ACESSO			
	MESOESTRUTURA			
	PILARES			
	LIMPEZA DAS SUPERFÍCIES PARA REMOÇÃO DE MATERIAIS SOLTOS C/ HIDROJATEAMENTO ALTA PRESSÃO	EP-06	m²	44,52
73954/002	FORN. APLIC. ARGAMASSA TIXOTRÓPICA, TIPO SIKATOP 122 OU SIMILAR	EP-05	m³	0,16
	PINTURA latex acrílica amb externo, duas demãos - 73954/002		m²	44,52
	TOTAL MESOESTRUTURA			
	SUPERESTRUTURA			
	LAJES			
	APICOAMENTO COM FERRAMENTAS MANUAIS SUP. CONCRETO	EP-06	m²	84,00
	LIMPEZA DAS SUPERFÍCIES PARA REMOÇÃO DE MATERIAIS SOLTOS C/ HIDROJATEAMENTO ALTA PRESSÃO	EP-06	m²	84,00
	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	16,80
	FORN. APLIC. ARGAMASSA TIXOTRÓPICA, TIPO SIKATOP 122 OU SIMILAR	EP-05	m³	0,34
	REFORÇO DA SUPERESTRUTURA METÁLICA			
M1378	FORNECIMENTO DE PERFIS E CHAPAS DE AÇO A-36 (reforço do banzo e substituição das chapas de fechamento)		kg	1572,79
	SOLDA MIG DO TIPO FILETE		m	103,07
	CORTE EM CHAPA DE AÇO UTILIZANDO CONJUNTO SOLDA OXIACETILENO		m	51,53
M804	FORNECIMENTO DE CABOS DE AÇO D=13MM (CONTRAVENTAMENTO)		kg	43,30
M0018	FORNECIMENTO DE GRAMPO P/ CABO DE AÇO D=13MM		und	252,00
M0019	FORNECIMENTO DE ESTICADOR P/ CABO DE AÇO D=13MM		und	42,00
	RECUPERAÇÃO DA SUPERESTRUTURA METÁLICA			
2408070	PINTURA EPÓXI EM CHAPA DE AÇO		m²	519,40
M0366	FORNECIMENTO DE CANTONEIRA DE AÇO ASTM A-36 (reposição das regiões com perda de seção)		kg	632,02
	SOLDA MIG DO TIPO FILETE		m	40,60
	CORTE EM CHAPA DE AÇO UTILIZANDO CONJUNTO SOLDA OXIACETILENO		m	20,30
	TOTAL SUPERESTRUTURA			
	CONTROLE DE QUALIDADE DOS SERVIÇOS			
	ENSAIO DE LÍQUIDO PENETRANTE		m	57,47
	ENSAIOS DINÂMICOS PARA HOMOLOGAÇÃO DO REFORÇO		und	1,00

Tabela 2 – Quantitativo de peças para reposição

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)
PEÇAS PARA REPOSIÇÃO						
14	3/16	4,76	91	1600	5,4	76,2
14	3/16	4,76	70	1600	4,2	58,6
16	1/8	3,18	750	1660	31,1	497,3
Total peças de reposição (kg):						632,0

Tabela 3 – Quantitativo de peças para reforço

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)
PEÇAS PARA REFORÇO						
42	1/2	12,7	250	400	10,0	418,7
42	1/8	3,18	250	400	2,5	104,8
4	3/16	4,75	50	42000	78,3	313,2
2	3/16	4,75	150	42000	234,9	469,8
168	1/2	12,7	100	100	1,0	167,5
8	1/2	12,7	450	200	9,0	71,8
4	1/2	12,7	450	150	6,7	26,9
Total peças de reposição (kg):						1572,8

Tabela 4 – 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 6x9	63,21	0,685	43,30

Tabela 5 – Quantitativo de grampos para ancoragem

Grampos para ancoragem	Unidade	Quantidade	Total
Grampos para ancoragem	un	252	252

Tabela 6 – Quantitativo de esticadores

Esticadores	Unidade	Quantidade	Total
Esticadores	unidade	42	42

Memória de cálculo dos quantitativos

Acessos

andaimes de madeira - trecho sobre as escadas

da base até 1o. patamar: $V.1 := \frac{(5.70 \text{ m}) \cdot 3 \text{ m}}{2} \cdot 1.70 \text{ m} = 14.535 \text{ m}^3$

patamar $V.2 := 3.20 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} \cdot 1.50 \text{ m} = 14.4 \text{ m}^3$

do 1o. ao 2o. patamar (passarela): $V.3 := \frac{6 \text{ m} \cdot 5.60 \text{ m}}{2} \cdot 1.70 \text{ m} = 28.56 \text{ m}^3$

$V.\text{andaime} := 2 \cdot (V.1 + V.2 + V.3) = 114.99 \text{ m}^3$

andaime suspenso - trecho sobre BR

$A.\text{suspenso} := 2 \text{ m} \cdot 42 \text{ m} = 84 \text{ m}^2$

escadas de acesso - limpeza e lavagem

$Esc := (1700 \text{ cm} \cdot 270 \text{ cm} \cdot 29 \cdot 2) + (1700 \text{ cm} \cdot 140 \text{ cm} \cdot 33 \cdot 2) + (1700 \text{ cm} \cdot 620 \text{ cm}) + (1200 \text{ cm} \cdot 1700 \text{ cm})$

$Esc.\text{part} := (3400 \text{ cm} \cdot 1500 \text{ cm} \cdot 2) = (1.02 \cdot 10^3) \text{ m}^2$

$Esc.\text{pilar} := \frac{(65 \text{ cm} + 41 \text{ cm})}{2} \cdot 3 \text{ m} \cdot 4 = 6.36 \text{ m}^2$

$Alimp.\text{escada} := (Esc + Esc.\text{part} + Esc.\text{pilar}) \cdot 2 \cdot 0.2 = (2.472 \cdot 10^3) \text{ m}^2$

Área exposta - escadas

$S.\text{pcent} := (70 \text{ cm} \cdot 27 \text{ cm}) \cdot 10 = 1.89 \text{ m}^2$

Escada - reparo c/ argamassa tixotropica

$V.\text{ptixo} := S.\text{pcent} \cdot 2 \text{ cm} = 0.038 \text{ m}^3$

Reparo / recuperação da meso estrutura

pilares - limpeza e lavagem

área exposta - pilares
passarela: $S.\text{pcent} := \left(\frac{65 \text{ cm} + 41 \text{ cm}}{2} \right) \cdot 7 \text{ m} \cdot 4 \cdot 3 = 44.52 \text{ m}^2$

$S.\text{pilares} := S.\text{pcent} = 44.52 \text{ m}^2$

pilares - reparo c/ argamassa tixotropica

$V.\text{ptixo} := 8 \text{ m}^2 \cdot 2 \text{ cm} = 0.16 \text{ m}^3$

Reparo/reforço/recuperação da superestrutura

Lajes - limpeza

$$L.vaoBR := 42 \text{ m}$$

$$L.tot := L.vaoBR = 42 \text{ m}$$

$$S.inflaje := L.tot \cdot 2 \text{ m} = 84 \text{ m}^2$$

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

$$S.pprot := 0.2 \cdot S.inflaje = 16.8 \text{ m}^2$$

Lajes - reparo com argamassa tixotrópica

$$V.tixo := S.pprot \cdot 2 \text{ cm} = 0.336 \text{ m}^3$$

Estrutura metálica

quantidade de aço conforme planilha anexa

Estimativa da solda linear

solda do reforço em um nó do banzo inferior da treliça:

$$L.chreg := 131 \text{ mm} \cdot 2 + 100 \text{ mm} + 400 \text{ mm} = 0.762 \text{ m}$$

(solda entre ch regularização, diagonais e banzo)

$$L.chtransf := 246 \text{ mm} \cdot 2 + 400 \text{ mm} = 0.892 \text{ m}$$

(solda entre ch transf e ch regularização)

$$L.perfilC := 400 \text{ mm} \cdot 2 = 0.8 \text{ m}$$

$$L.soldanoinf := L.chreg + L.chtransf + L.perfilC = 2.454 \text{ m}$$

$$n.nosinfvaoBR := 2 \cdot 21 = 42$$

$$n.nosinf := n.nosinfvaoBR = 42$$

$$L.soldaref := L.soldanoinf \cdot n.nosinf = 103.068 \text{ m}$$

solda de remendo - para cobrir vazios do banzo inferior

$$a := 50 \text{ cm} \quad h := 70 \text{ cm} \quad b := 25 \text{ cm}$$

$$L.solda1rem := 2 \cdot (a + h + b) = 2.9 \text{ m}$$

$$n.remvaoBR := 14 \quad \text{conf. inspeção}$$

$$n.rem := n.remvaoBR = 14$$

$$L.soldarem := L.solda1rem \cdot n.rem = 40.6 \text{ m}$$

Estimativa do corte com oxicorte - 50% da solda linear

Pintura - estrutura metálica

Cada módulo de treliça 2m, possui área exposta:

$$L.pintbanzo := 70 \text{ mm} + 150 \text{ cm} + 200 \text{ mm} = 1.77 \text{ m}$$

$$S.pintbanzo := L.pintbanzo \cdot 2 \text{ m} \cdot 4 = 14.16 \text{ m}^2$$

$$L.pintdiag := (100 \text{ mm} + 100 \text{ mm}) \cdot 2 = 0.4 \text{ m}$$

$$S.pintdiag := L.pintdiag \cdot 1.4 \text{ m} \cdot 4 = 2.24 \text{ m}^2$$

$$L.pintmont := (100 \text{ mm} + 100 \text{ mm}) \cdot 2 = 0.4 \text{ m}$$

$$S.pintmont := L.pintmont \cdot 750 \text{ mm} \cdot 2 = 0.6 \text{ m}^2$$

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

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

$$S.pintchfechamento := \frac{166 \text{ cm} \cdot 75 \text{ cm}}{2} \cdot 4 = 2.49 \text{ m}^2$$

$$S.pintgrade := S.pintchfechamento = 2.49 \text{ m}^2$$

$$S.pintcontrav := (80 \text{ mm} + 2 \cdot 40 \text{ mm}) \cdot 2.76 \text{ m} = 0.442 \text{ m}^2$$

$$S.pintestrutura := S.pintbanzo + S.pintdiag + S.pintmont + S.pintcontrav = 17.442 \text{ m}^2$$

$$S.pintelem := S.pintenrij + S.pintchfechamento + S.pintgrade + S.pintlatenrij = 7.292 \text{ m}^2$$

$$S.pintmod2m := S.pintestrutura + S.pintelem = 24.733 \text{ m}^2$$

$$n.modulosvaoBR := 21$$

$$n.mods := n.modulosvaoBR = 21$$

$$S.pint := S.pintmod2m \cdot n.mods = 519.397 \text{ m}^2$$