



LAUDO PERICIAL

**ESTRUTURA DA COBERTURA DA ÁREA DE
ABASTECIMENTO DO POSTO**

Que faz MOACYR MOLINARI, brasileiro, casado, residente à rua _____, Curitiba-PR, engenheiro e professor universitário efetivo da UFPR e da UTFPR, portador do R.G. n.º _____, carteira profissional n.º 15.586-D/CREA-PR, a pedido dos proprietários do posto de combustíveis automotivos _____, situado à _____ (CNPJ: _____)

Fevereiro de 2008



ÍNDICE

Item	Pág.
1 - MOTIVO DO LAUDO PERICIAL	03
2 – FATOS ANTECEDENTES À PERÍCIA TÉCNICA	03
3 - EXAMES DO LOCAL	04
4 – ANÁLISE DA ESTRUTURA EXISTENTE	13
5 – REFORÇO ESTRUTURAL	26
6 – CONCLUSÕES	27

ANEXOS

Currículo Resumido do Perito (duas folhas)
Projeto de reforço estrutural com dez pranchas de desenho (01/10 a 10/10) em formato A4

1 - MOTIVO DO LAUDO PERICIAL

O motivo do presente laudo é relatar e registrar as observações e conclusões da perícia técnica realizada na estrutura de cobertura da área de abastecimento do posto de combustíveis automotivos , situado à (esquina com a).

O laudo visa fornecer elementos técnicos objetivos, racionais e lógicos, fundamentados em princípios físicos e matemáticos e em aplicações de engenharia, como auxílio à verificação das condições de resistência, rigidez e estabilidade da citada estrutura, de modo a levantar dados para a elaboração de um projeto estrutural de reforço.

2 – FATOS ANTECEDENTES À PERÍCIA TÉCNICA

O signatário visitou o local da perícia em 19 de dezembro de 2007, em companhia do arquiteto , por solicitação dos proprietários do estabelecimento comercial. Nessa ocasião, funcionários do estabelecimento informaram que em dias de chuva com vento, os balanços (trechos que se projetam além dos apoios) da estrutura oscilam acentuadamente. A estrutura não era visível do solo, devido à existência de forro de PVC e testeiças metálicas em todo o perímetro da cobertura.

O signatário subiu à cobertura e, por uma região desprovida de telhas, próxima à esquina das ruas citadas, pode observar parte da estrutura metálica.

Dessa visita preliminar, constatou-se que a cobertura da área de abastecimento apresentava alguns problemas como:

- forro de PVC solto em várias posições;
- algumas telhas amassadas ou com fixação deficiente;
- ausência de algumas telhas, expondo a estrutura metálica e o forro à incidência de água pluvial;
- alguns elementos de aço (banzos, diagonais e montantes) das treliças da estrutura da cobertura submetidas a severa corrosão;
- estrutura metálica com rigidez insuficiente, apresentando vibrações excessivas nos balanços.

Após a visita, o signatário encaminhou aos proprietários do estabelecimento uma comunicação por escrito, datada de 20 de dezembro de 2007, da qual cita-se o seguinte trecho:

“... A situação da estrutura é tal que pode suportar seu peso próprio, mas pode entrar em colapso se for submetida a um vendaval mais intenso. Para a segurança dos usuários, é fortemente recomendável providenciar a imediata retirada do forro e das telhas da cobertura da área de abastecimento, antecedendo o exame da estrutura...”

As recomendações do signatário visavam aliviar o peso aplicado sobre a estrutura e reduzir os efeitos dinâmicos do vento.

As telhas e o forro foram retirados pelos proprietários na segunda semana de janeiro de 2008.

3 - EXAMES DO LOCAL

O signatário examinou o local da perícia em 8 de fevereiro de 2008, entre 15h00 e 18h00, na presença de um dos

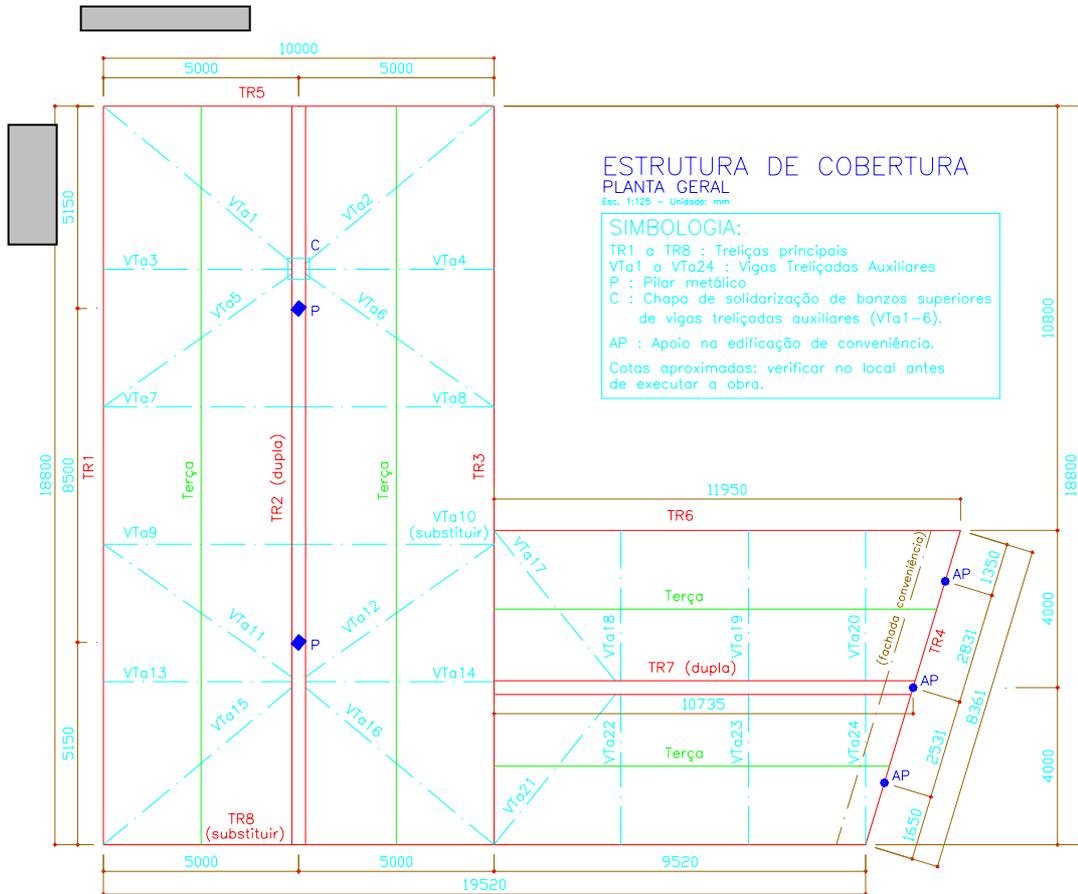


Figura 03: reprodução da planta geral, da prancha de desenho 01/10

Observando a figura 1, o funcionamento mecânico global da estrutura metálica, desconsiderada a rigidez à torção das treliças, pode ser descrito assim:

- a treliça TR2 se apóia nos dois pilares metálicos P (engastados na fundação), cada um com seção transversal de 250mm x 300mm, e a treliça TR4 é suportada pelos apoios AP (sobre a loja de conveniências).
- a treliça TR5 se apóia na treliça TR2.
- a treliça TR8 se apóia na treliça TR2 e na treliça TR4.
- as treliças TR1 e TR3 se apóiam nas treliças TR5 e TR8.
- as treliças TR6 e TR7 se apóiam nas treliças TR3 e TR4.
- as terças se apóiam principalmente nas vigas treliçadas auxiliares VTa1 a VTa24.



de acordo com a análise numérica realizada posteriormente. Na figuras a seguir, pode-se ver a barra rompida:

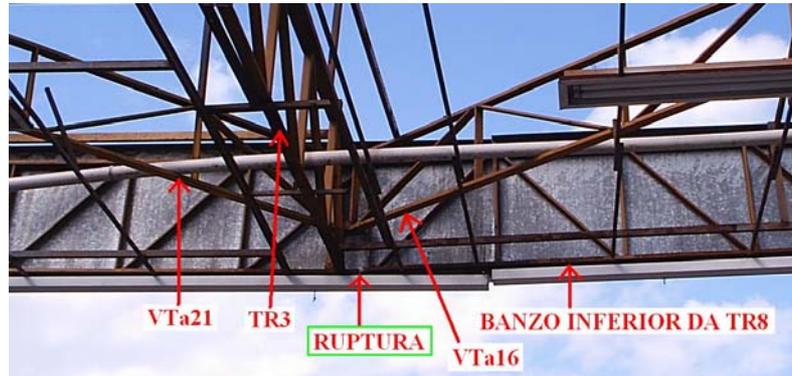


Figura 04: posição da ruptura no banzo inferior da treliça TR8



Figura 05: detalhe da posição da ruptura no banzo inferior da treliça TR8



Figura 06: detalhe da ruptura do banzo inferior da TR8 – vista lateral

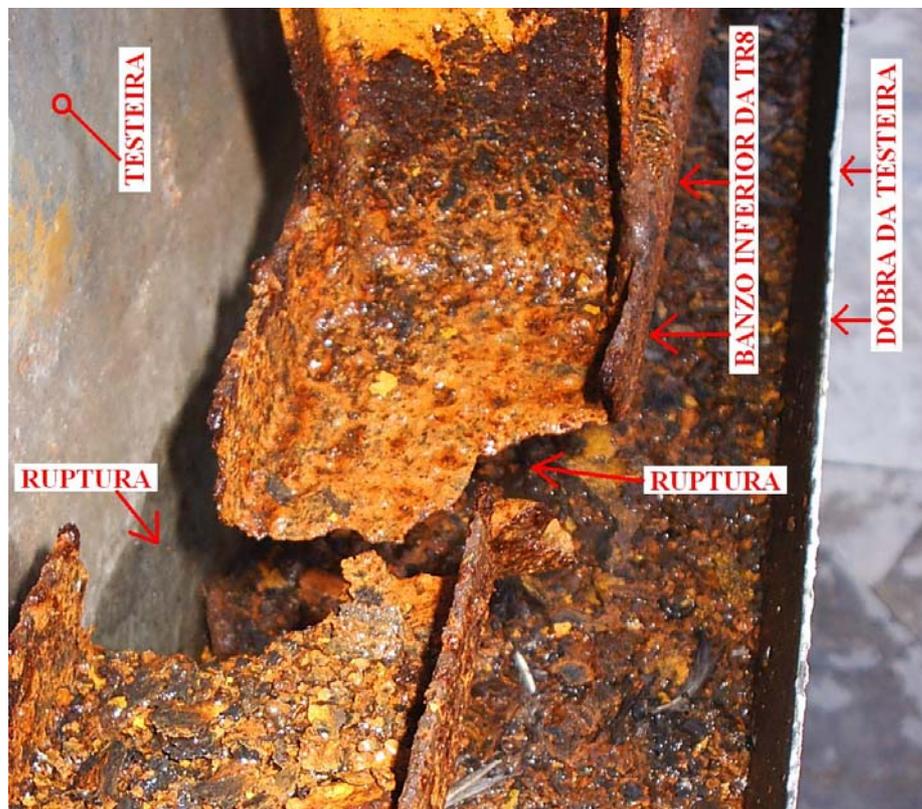


Figura 07: detalhe da ruptura do banzo inferior da TR8 – vista superior

Os danos são tão significativos, que a treliça TR8 precisa ser totalmente substituída. O projeto de reforço anexo ao presente laudo apresenta a configuração geométrica da nova treliça TR8.

A ruptura na treliça TR8 acarretou uma redistribuição de esforços na estrutura que acarretou danos na treliça TR5, que apresenta flecha permanente excessiva e na viga treliçada auxiliar VTa10, que teve uma diagonal submetida a flambagem, como mostrado na figura a seguir:



Figura 08: viga treliçada auxiliar VTa10 com diagonal flambada

Os danos na viga treliçada auxiliar VTa10 são tais que ela precisa ser totalmente substituída. O projeto de reforço anexo ao presente laudo apresenta a configuração geométrica da nova VTa10.

Nas duas extremidades da treliça TR2 foram observadas várias travessas e diagonais horizontais inferiores severamente corroídas, a ponto de serem seccionadas ou terem caído sobre o forro, como pode ser visto nas figuras a seguir:



Figura 09: extremidade da treliça TR2 mais próxima da R. , com destaque para uma diagonal horizontal inferior corroída até a ruptura

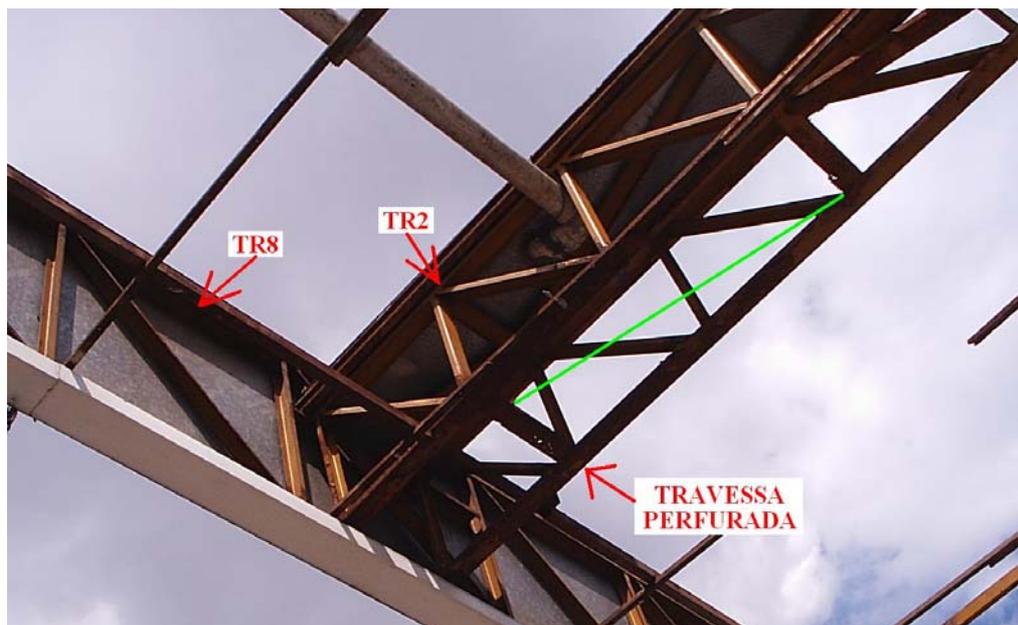


Figura 10: extremidade da treliça TR2 oposta à R. , com destaque para uma travessa horizontal inferior perfurada devido à corrosão. A linha verde está na posição em que deveria existir uma diagonal horizontal inferior, que caiu devido à corrosão.

O projeto de reforço estrutural anexo ao presente laudo especifica a substituição das barras mais corroídas da treliça TR2 (prancha de desenho 03/10).

Com o processo terapêutico da estrutura, a ser efetuado com escovas de aço e lixadeiras, será possível para o executor da obra de reforço determinar com exatidão a extensão da corrosão nas demais treliças. Durante a perícia, os acúmulos de resíduos de ferrugem nos banzos inferiores não permitiram observar a exata extensão do dano. No entanto, as observações no local permitiram estimar que, de modo geral, as barras mais danificadas pela corrosão, a ponto de terem sofrido perfuração e passíveis de substituição, representam cerca de 5% dos banzos inferiores e cerca de 3% dos montantes e diagonais.

4 – ANÁLISE DA ESTRUTURA EXISTENTE

As treliças que constituem a estrutura foram analisadas com aplicativos computacionais, à luz do que preconizam as normas da ABNT: NBR 8800 – Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios e NBR 6123 – Forças devidas ao Vento em Edificações.

4.1 – Resistência dos Perfis Metálicos Existentes

Os perfis metálicos observados nas treliças existentes no local são:

- nos banzos: U 60mm x 26mm x 4mm (chapa dobrada)
- nos montantes e diagonais: U 50mm x 23mm x 3,5mm (chapa dobrada)

A figura a seguir mostra as medidas das seções transversais dos dois perfis, assim como suas principais características geométricas (posição do centróide, área e momento de inércia):

11816 kgf para comprimento de 500 mm (montantes de treliças TR2 e TR7), vale 5908 kgf para comprimento de 707 mm (diagonais de treliças TR2 e TR7), vale 5251 kgf para comprimento de 750 mm (montantes de demais treliças) e vale 2625 kgf para comprimento de 1061 mm (diagonais de demais treliças). A carga admissível de flambagem, em caso de compressão, vale 3939 kgf para comprimento de 500 mm (montantes de treliças TR2 e TR7), vale 1969 kgf para comprimento de 707 mm (diagonais de treliças TR2 e TR7), vale 1751 kgf para comprimento de 750 mm (montantes de demais treliças) e vale 875 kgf para comprimento de 1061 mm (diagonais de demais treliças).

4.2 – Análise da Treliça TR1 Existente

A treliça TR1 existente foi modelada computacionalmente, sob cargas distribuídas de -13 kgf/m (peso próprio) e -108 kgf/m (telhas, forro, instalações e sobrecarga normalizada) na hipótese sem vento e sob carga distribuída de -13 kgf/m (peso próprio) e +108 kgf/m (telhas, forro, instalações e sucção do vento) na hipótese com vento. Nas figuras a seguir mostram-se os modelos físicos equivalentes a meia treliça TR1 (simetria), os diagramas de forças normais nas barras e os diagramas da estrutura deformada, nas duas hipóteses de carregamento (com e sem vento):

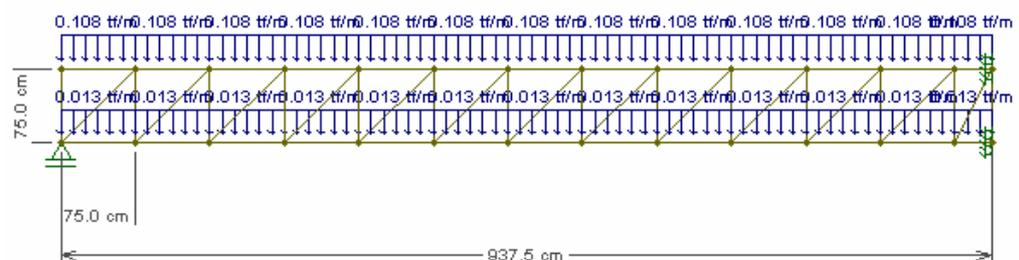


Figura 12: carregamento de meia treliça TR1, na hipótese sem vento

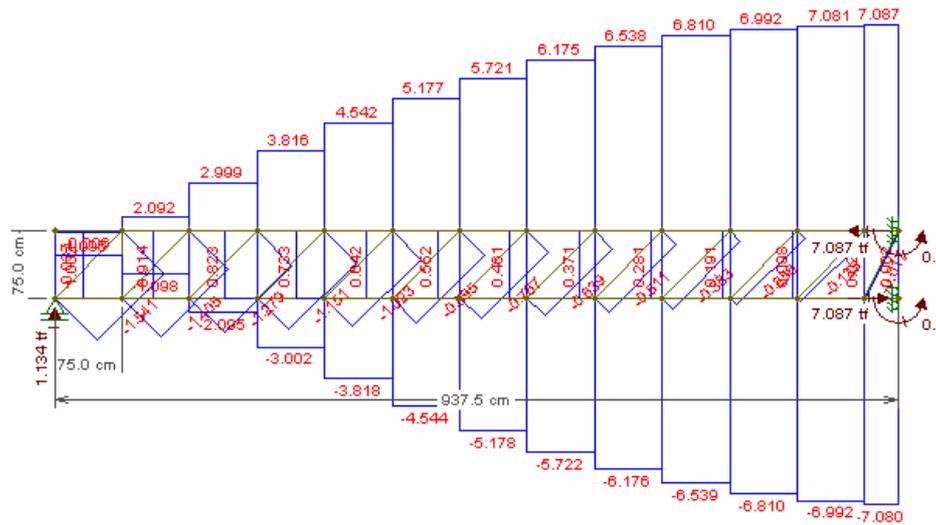


Figura 13: forças normais nas barras de meia treliça TR1, na hipótese sem vento

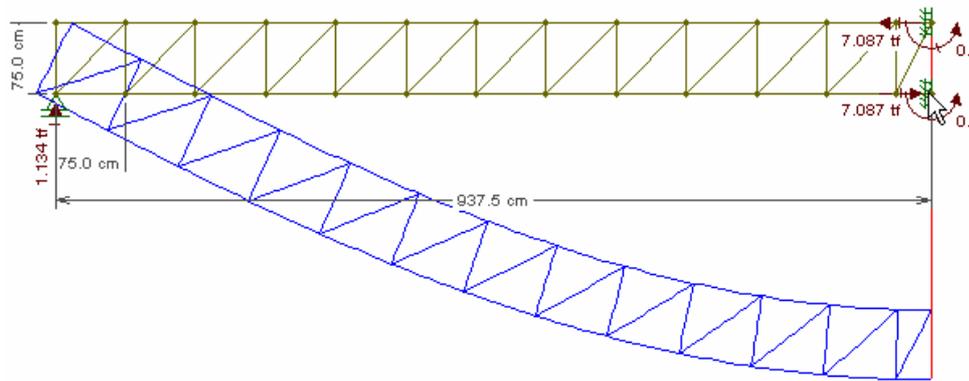


Figura 14: configuração deformada de meia treliça TR1, na hipótese sem vento (flecha de -8,3cm)

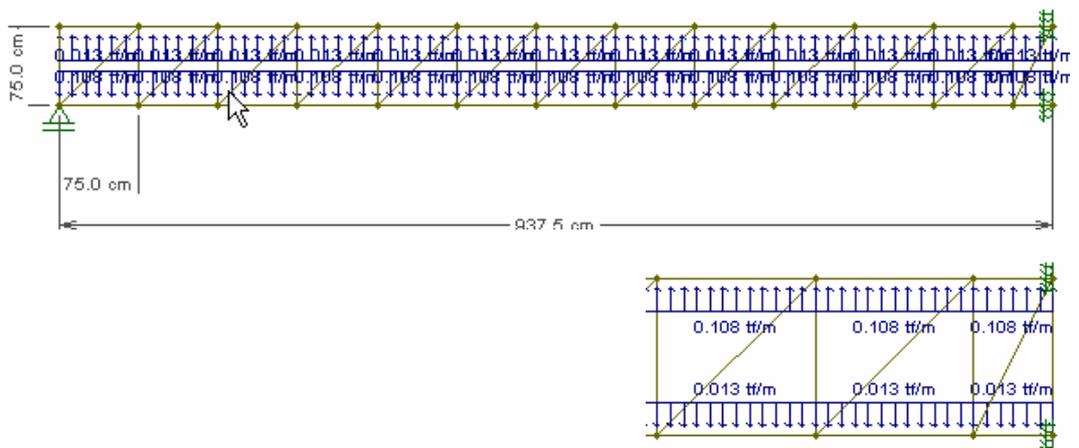


Figura 15: carregamento de meia treliça TR1, na hipótese com vento (e detalhe)

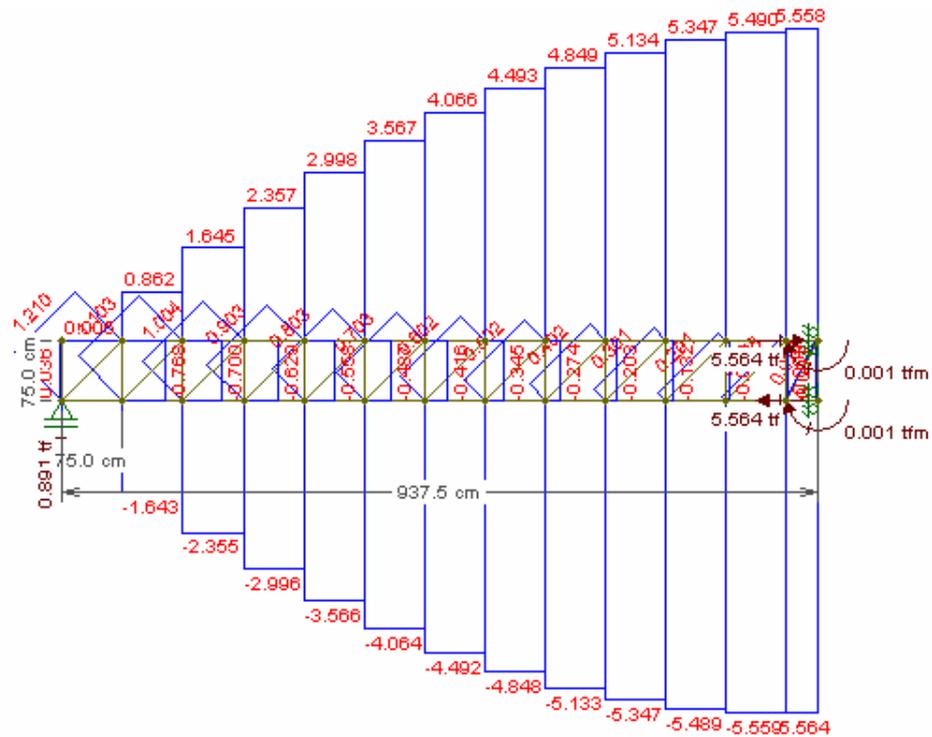


Figura 16: forças normais nas barras de meia treliça TR1, na hipótese com vento

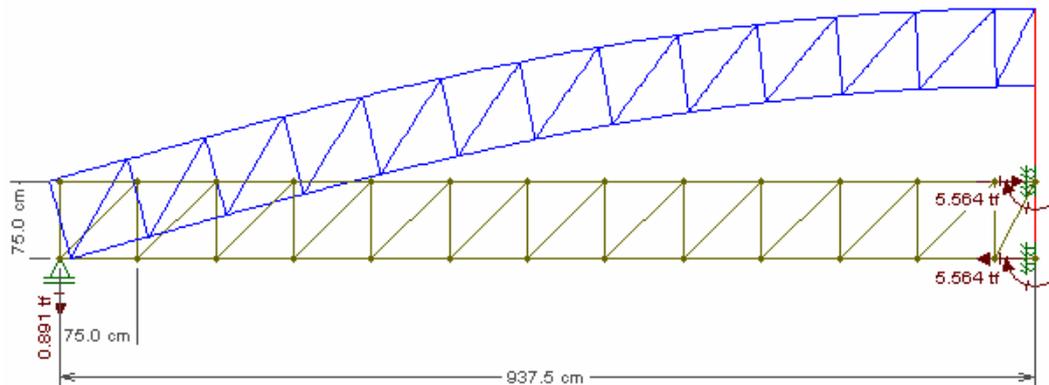


Figura 17: configuração deformada de meia treliça TR1, na hipótese com vento (flecha de +6,5cm)

Na hipótese de carregamento sem vento, obtiveram-se os seguintes resultados críticos:

- flecha de -8,3 cm : **superior ao valor admissível**, de 6,25 cm
- força normal em bantos de +-7080 kgf : **superiores às admissíveis**
- força normal em diagonais de -1541 kgf : **superior à admissível**

- força normal em diagonais de -3381 kgf : **superior à admissível**

Na hipótese de carregamento com vento, os valores máximos de flechas e forças normais resultaram menores do que os valores críticos citados anteriormente.

Concluiu-se que a **treliça TR8 existente não possui resistência, nem estabilidade suficientes para atender aos critérios normalizados**, o que tornaria necessário dimensionar e executar reforços para os banzos e diagonais. No entanto, devido à ruptura ocorrida no banzo superior próximo à posição de ligação com a treliça TR3, e considerados os danos decorrentes, **conclui-se pela necessidade de se fazer a substituição completa por uma nova treliça TR8**, com as especificações constantes do projeto anexo.

5 – REFORÇO ESTRUTURAL

Considerados os resultados das análises das treliças, descritas no item anterior, fez-se o dimensionamento de reforços para as treliças TR1, TR2, TR3, TR4 e TR5, constituindo o objeto do projeto estrutural de reforço anexo ao presente laudo (pranchas de desenho 01/10 a 10/10, ao final).

Os reforços de banzos e diagonais serão realizados pela soldagem de novos perfis aos existentes, do modo especificado no projeto anexo.

Além dos reforços estruturais, o projeto anexo também especifica a nova treliça TR8 e a nova viga treliçada auxiliar VTa10.

Para aumentar a rigidez da estrutura na região da treliça TR5, o projeto de reforço anexo propõe a soldagem de uma chapa de solidarização, que unirá os banzos superiores da treliça TR2 aos banzos

superiores das vigas treliçadas auxiliares VTa1, VTa2, VTa3, VTa4, VTa5 e VTa6.

6 – CONCLUSÕES

Considerados todos os elementos e fatos detectados ao longo da perícia, o signatário chegou às seguintes conclusões:

- a) A estrutura existente no local não possuía rigidez suficiente, mesmo antes dos danos de corrosão. Em outras palavras, a estrutura original apresentava deformações e deslocamentos superiores aos permissíveis pela norma.**
- b) Os efeitos de corrosão no local são especialmente severos devido à atmosfera local agressiva, com presença de hidrocarbonetos.**
- c) Os danos de corrosão provocaram a ruptura do banzo inferior da treliça TR8, que precisa completamente ser substituída.**
- d) A ruptura da treliça TR8, acarretou uma redistribuição de esforços na estrutura que acarretou danos na treliça TR5 e na viga treliçada auxiliar VTa10.**
- e) A treliça TR5 apresenta deformação plástica ou permanente excessiva, acarretando flecha superior à admissível, na extremidade de um de seus balanços e precisa ser submetida a contra-flecha sob carregamento invertido através de macaco hidráulico, antes da execução do reforço estrutural. O carregamento invertido somente poderá ser aplicado quando a extremidade da treliça TR2, em que se apóia a treliça TR5, for atirantada temporariamente à base do pilar metálico mais próximo.**

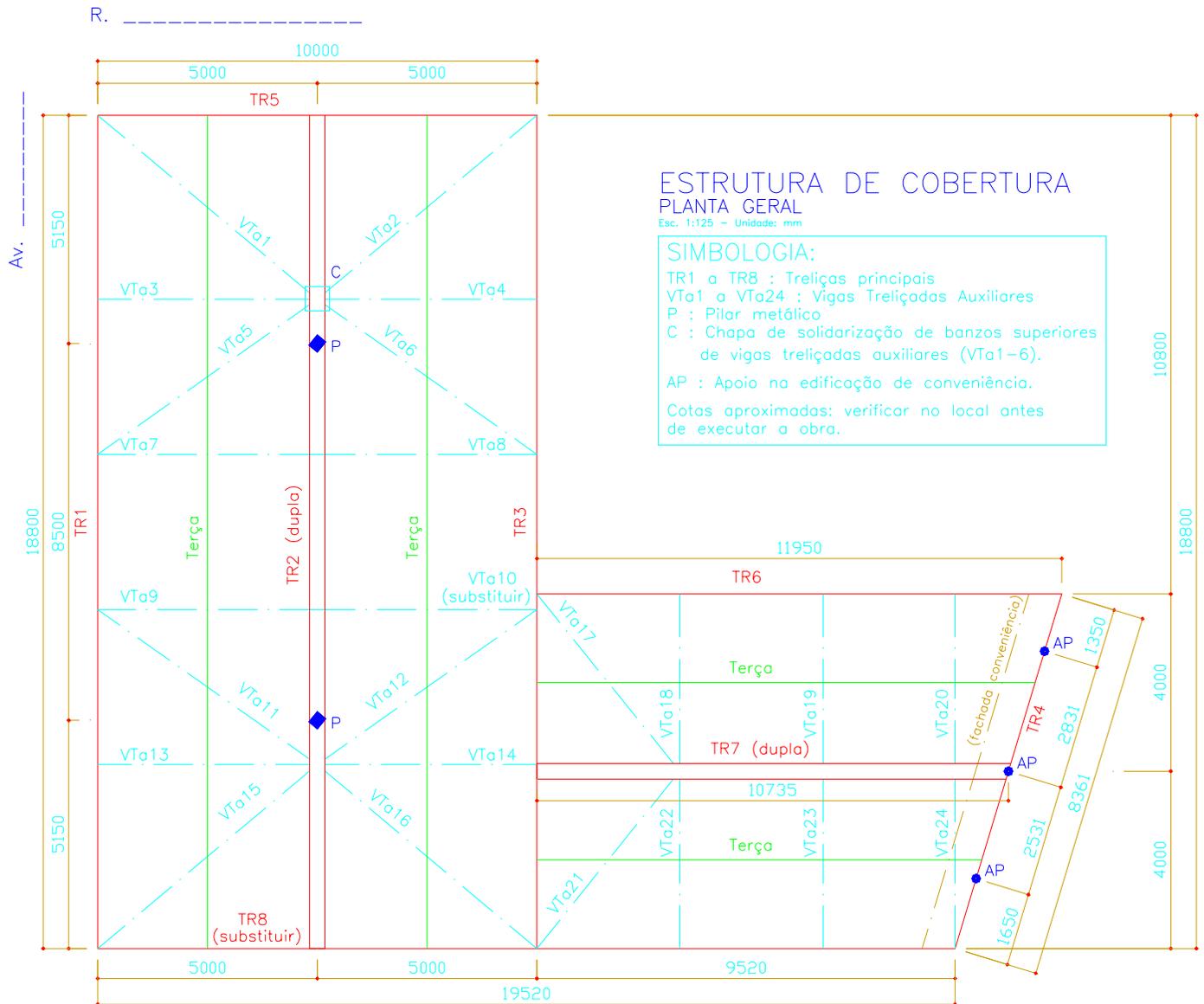


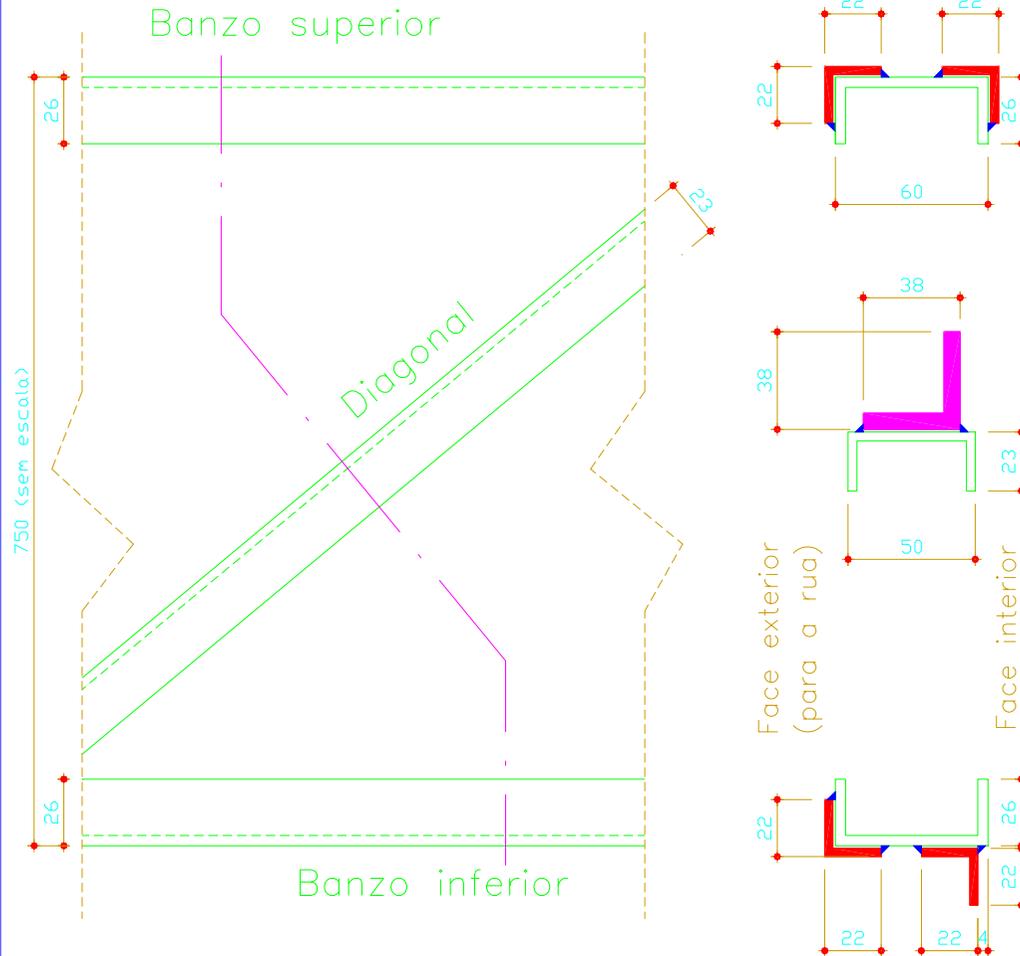
Em anexo ao presente laudo, o signatário apresenta o projeto de reforço estrutural, constituído por dez pranchas (01/10 a 10/10) em formato A4.

São estas as declarações que tem este perito a fazer em sua consciência, aqui lavradas em 29 (vinte e nove) folhas de papel numeradas seqüencialmente (além de duas folhas com um currículo profissional resumido e dez pranchas de desenho).

Curitiba, 18 de fevereiro de 2008

MOACYR MOLINARI





PERFIS DE REFORÇO:

Em banzos: \sqsupset 7/8" x 1/8" (4X)

Em diagonais: \sqsupset 1 1/2" x 1/4"

– Ligações soldadas entre perfis existentes (desenhados em verde) e perfis de reforço (desenhados em vermelho ou magenta): filetes descontínuos (perna de 4 mm), com comprimento de 50 mm, a cada 150 mm (distância entre centros de filetes).

O símbolo  indica posição de filete de solda.

– Terapêutica: escovação manual e lixadeira para remoção de corrosão de banzos, montantes e diagonais.

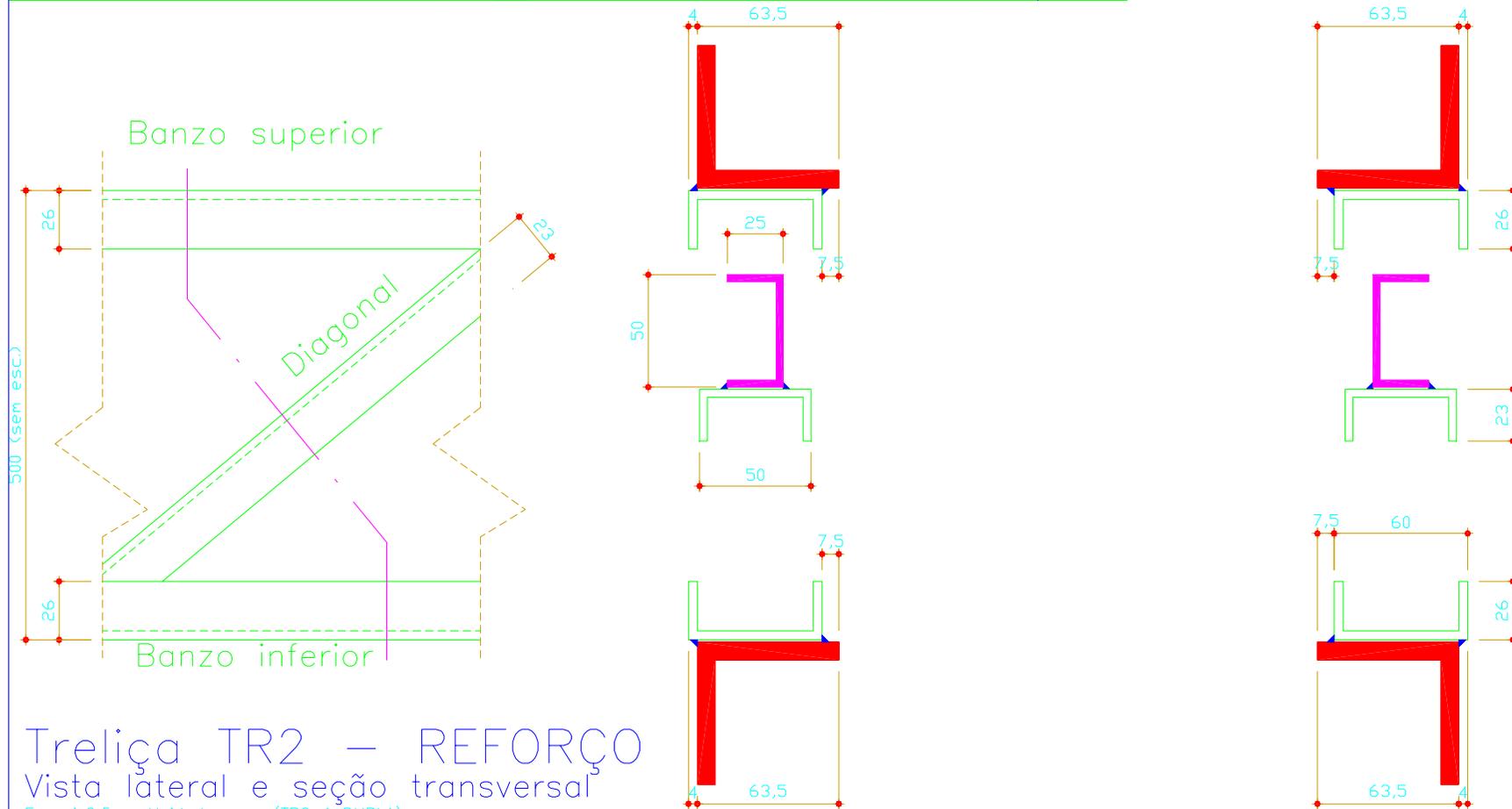
– Proteção superficial: zarcão, base, três demãos de esmalte sintético.

– Troca eventual de perfis perfurados por corrosão, se detectados após a terapêutica.

Treliça TR1 – REFORÇO

Vista lateral e seção transversal

Esc. 1:2,5 – Unidade: mm



Treliça TR2 – REFORÇO

Vista lateral e seção transversal

Esc. 1:2,5 – Unidade: mm (TR2 é DUPLA)

PERFIS DE REFORÇO:

Em banzos: \sqsupset 2 1/2" x 5/16" (4X)

Em diagonais em plano vertical (duplas): \sqsupset "U" 50 x 25 x 3 mm

– Ligações soldadas entre perfis existentes (desenhados em verde) e perfis de reforço (desenhados em vermelho ou magenta): filetes descontínuos (perna de 4 mm), com comprimento de 50 mm, a cada 150 mm (distância entre centros de filetes).

O símbolo \blacktriangle indica posição de filete de solda.

– Terapêutica: escovação manual e lixadeira para remoção de corrosão de banzos, montantes e diagonais.

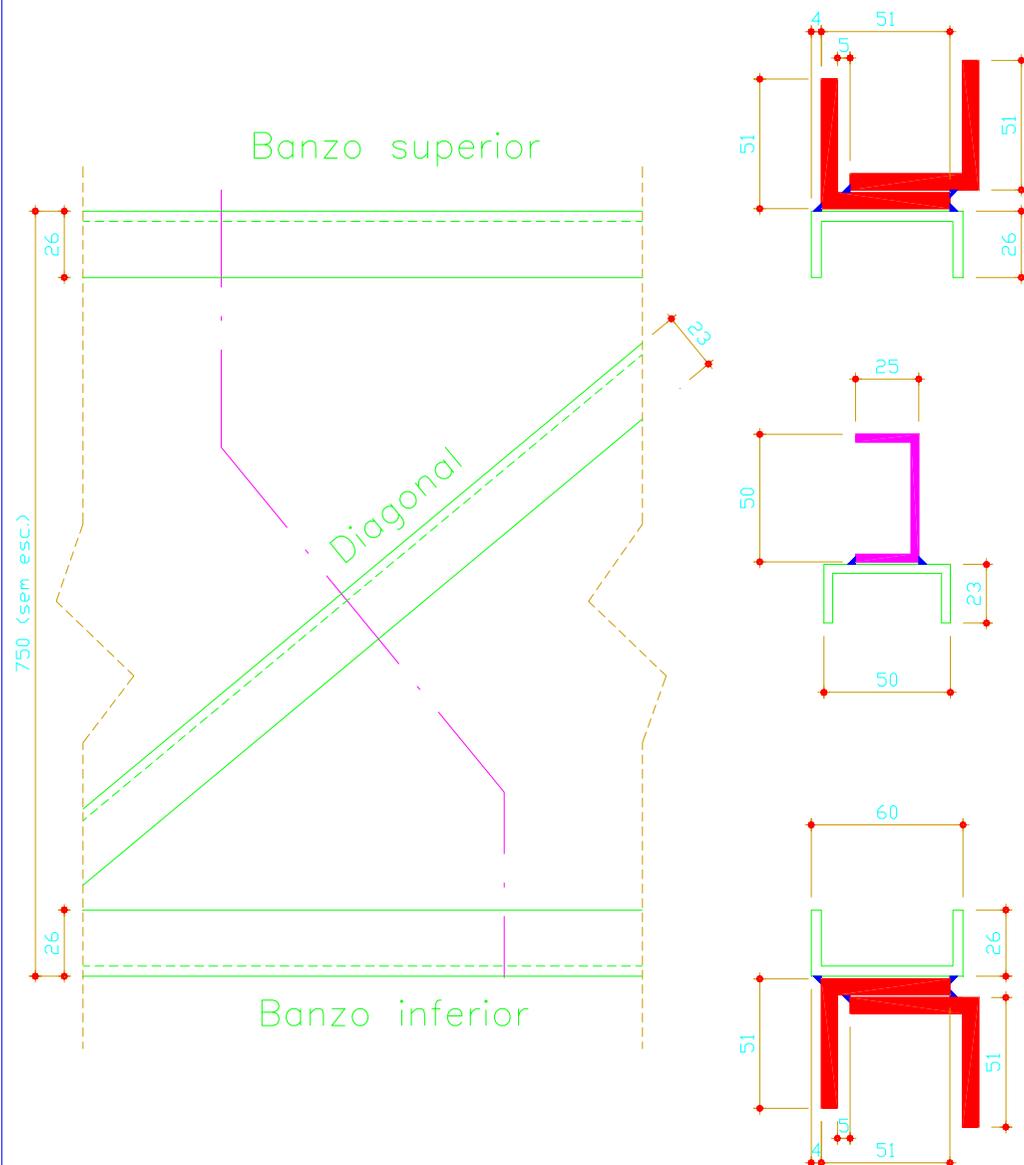
– Trocar três diagonais horizontais inferiores em cada extremidade da treliça, que estão perfuradas ou seccionadas pela corrosão, por perfil U 50 x 25 x 3 mm.

– Trocar três travessas horizontais inferiores em cada extremidade da treliça, que estão perfuradas ou seccionadas pela corrosão, por perfil U 50 x 25 x 3 mm.

– Proteção superficial: zincão, base, três demãos de esmalte sintético.

– Troca eventual de demais perfis perfurados por corrosão, se detectados após a terapêutica.

– Reforçar a ligação soldada com os pilares metálicos existentes.



Treliça TR3-REFORÇO

Vista lateral-Seção transversal

Esc. 1:2,5 - Unidade: mm

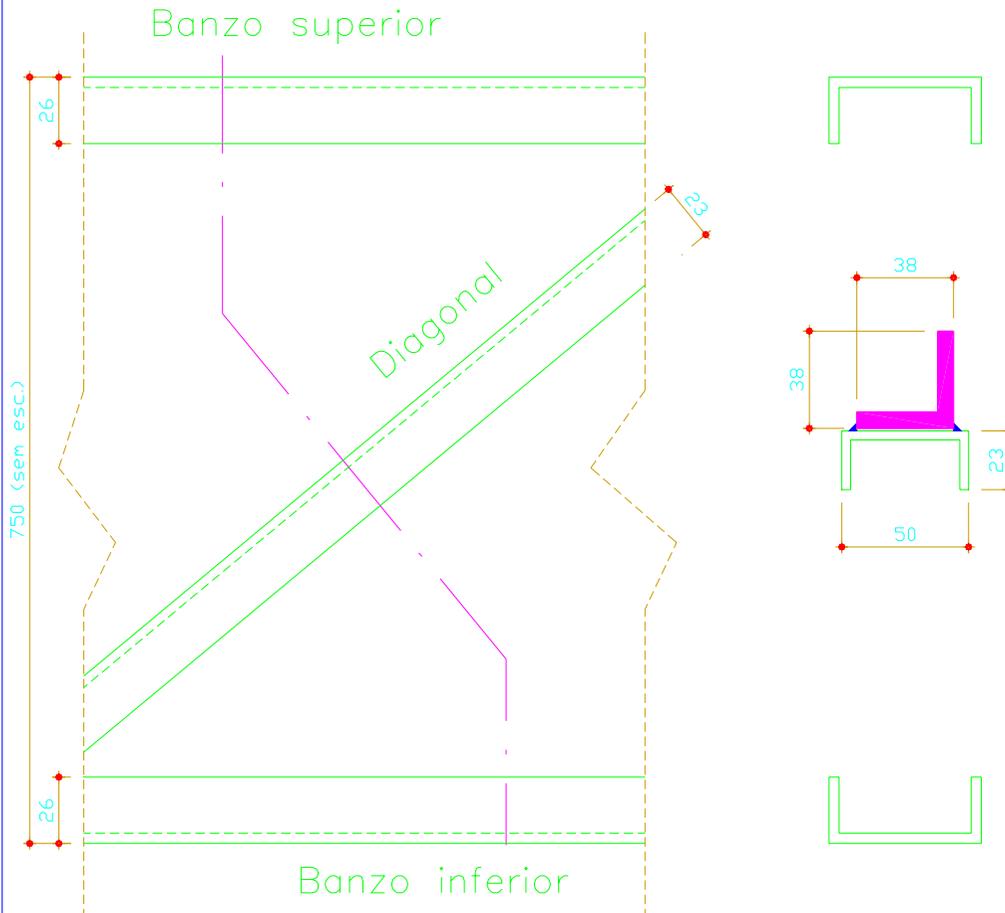
PERFIS DE REFORÇO:

Em banzos: \square 2" x 1/4" (4X)

Em diagonais: \square U 50 x 25 x 3

- Ligações soldadas entre perfis existentes (desenhados em verde) e perfis de reforço (desenhados em vermelho ou magenta): filetes descontínuos (perna de 4 mm), com comprimento de 50 mm, a cada 150 mm (distância entre centros de filetes).
O símbolo \blacktriangle indica posição de filete de solda.

- Terapêutica: escovação manual e lixadeira para remoção de corrosão de banzos, montantes e diagonais.
- Proteção superficial: zarcão, base, três demãos de esmalte sintético.
- Troca eventual de perfis perfurados por corrosão, se detectados após a terapêutica.



Treliça TR4 – REFORÇO

Vista lateral e seção transversal

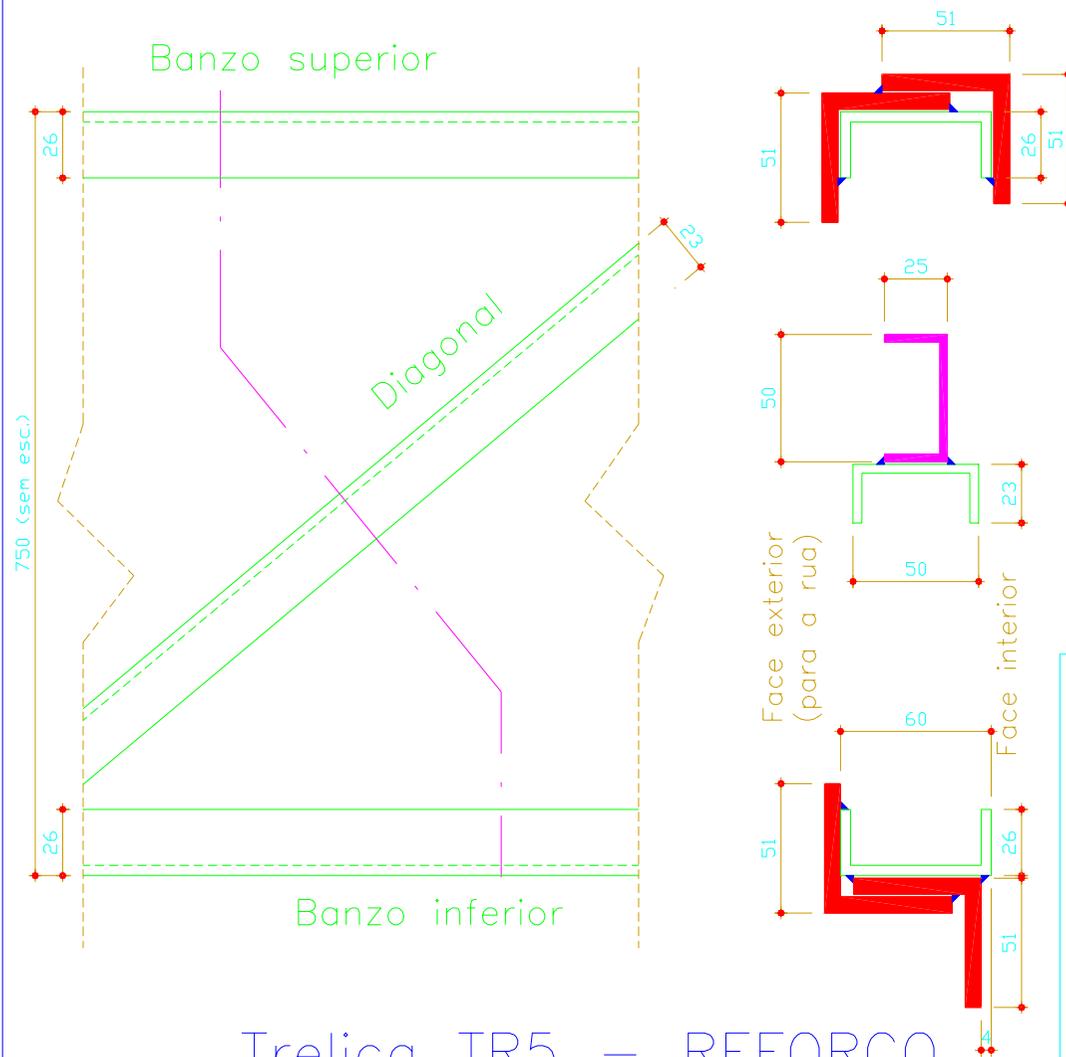
Esc. 1:2,5 – Unidade: mm

PERFIS DE REFORÇO:

Em diagonais: \square 1 1/2" x 3/16"

– Ligações soldadas entre perfis existentes (desenhados em verde) e perfis de reforço (desenhados em magenta): filetes descontínuos (perna de 4 mm), com comprimento de 50 mm, a cada 150 mm (distância entre centros de filetes).
O símbolo \blacktriangle indica posição de filete de solda.

– Terapêutica: escovação manual e lixadeira para remoção de corrosão de banzos, montantes e diagonais.
– Proteção superficial: zarcão, base, três demãos de esmalte sintético.
– Troca eventual de perfis perfurados por corrosão, se detectados após a terapêutica.



Treliça TR5 – REFORÇO

Vista lateral e seção transversal

Esc. 1:2,5 – Unidade: mm

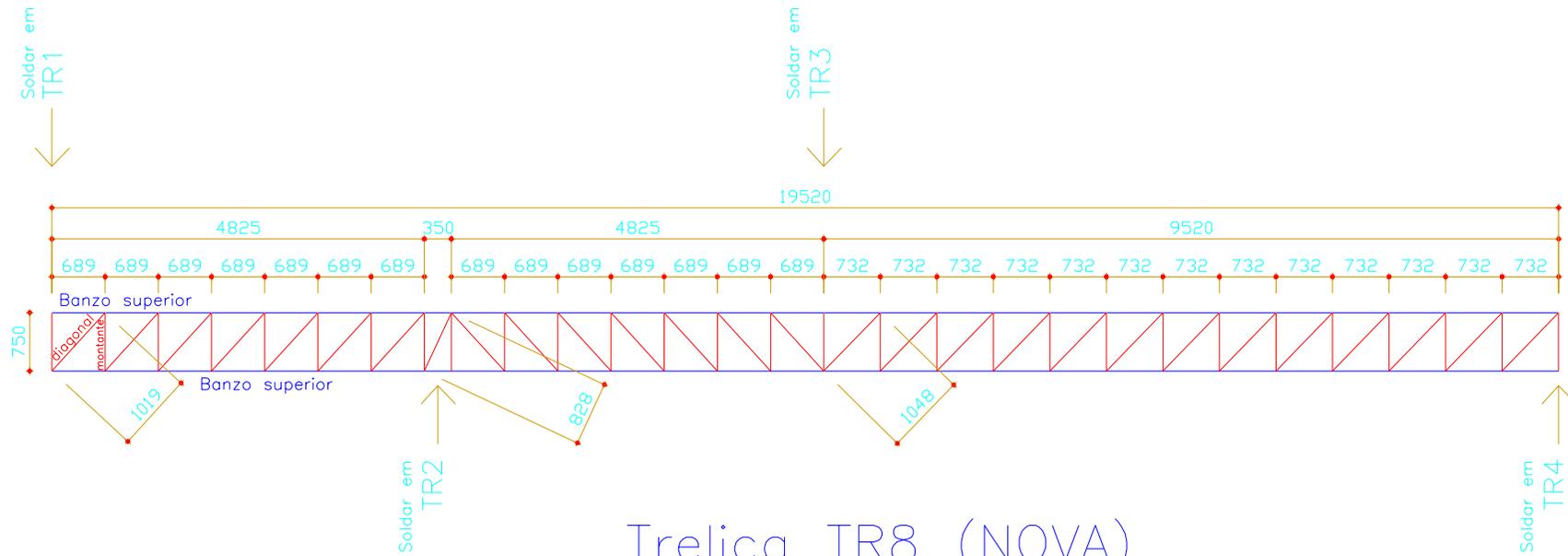
PERFIS DE REFORÇO:

Em banzos:  2" x 3/16" (4X)

Em diagonais:  U 50 x 25 x 3

– Ligações soldadas entre perfis existentes (desenhados em verde) e perfis de reforço (desenhados em vermelho ou magenta): filetes descontínuos (perna de 4 mm), com comprimento de 50 mm, a cada 150 mm (distância entre centros de filetes).
O símbolo  indica posição de filete de solda.

- Terapêutica: escovação manual e lixadeira para remoção de corrosão de banzos, montantes e diagonais.
- Proteção superficial: zarcão, base, três demãos de esmalte sintético.
- Troca eventual de perfis perfurados por corrosão, se detectados após a terapêutica.
- Reverter flecha em extremidade de balanço, com macaco hidráulico, antes de implantar o reforço.

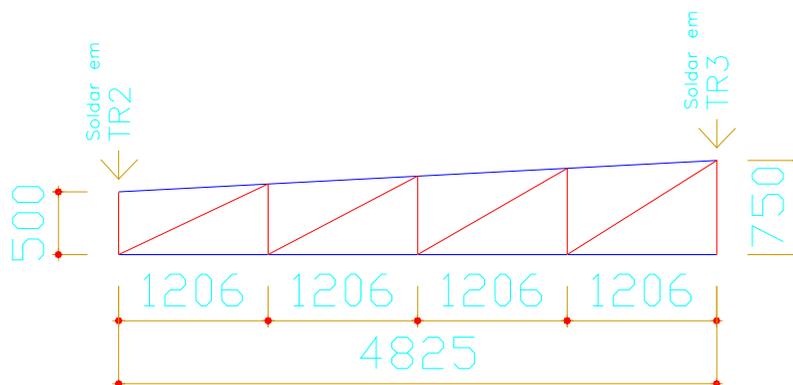


Treliza TR8 (NOVA)

Montagem unifilar

Esc. 1:75 – Unidade: mm

- PERFIS UTILIZADOS:
- Banzo superior:  100 x 40 x 3,4 mm
 - Banzo inferior:  100 x 40 x 3,4 mm
 - Montantes e diagonais:  1 3/4" x 3/16" (duplos)
- Ligações soldadas entre montantes e banzos e entre diagonais e banzos: filete com perna de 4 mm, comprimento total de filetes em cada extremidade de cada montante e de cada diagonal igual a 120mm.
 - Ligar a treliza nova TR8 às trelizas existentes TR1, TR2, TR3 e TR4 através de solda de filete (perna 4 mm) em torno de toda a região de contato.
 - Proteção superficial: zarcão, base, três demãos de esmalte sintético.



Viga Trelaçada Auxiliar VTa10 (NOVA)

Montagem unifilar

Esc. 1:50 – Unidade: mm

PERFIS UTILIZADOS:

Banzo superior: \square 100 x 40 x 3,4 mm

Banzo inferior: \square 100 x 40 x 3,4 mm

Montantes e diagonais: \angle 1 3/4" x 3/16" (duplos)

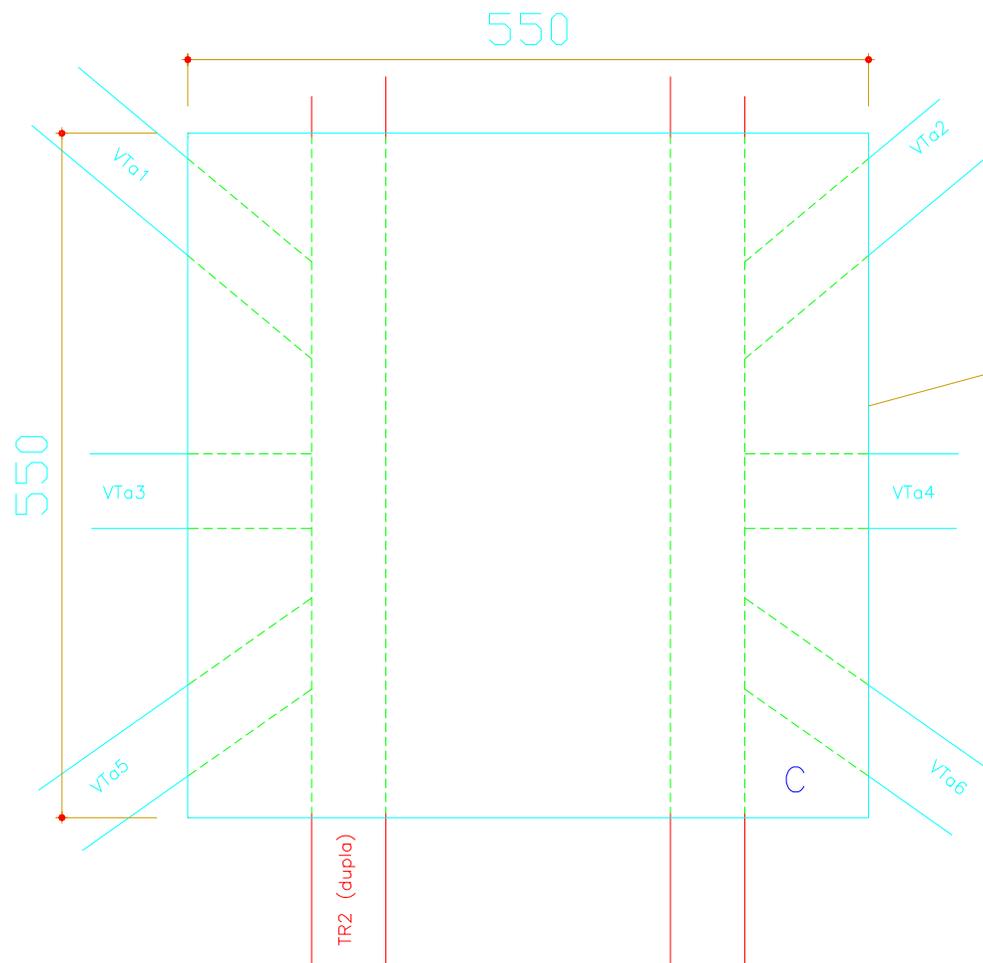
– Ligações soldadas entre montantes e banzos e entre diagonais e banzos: filete com perna de 4 mm, comprimento total de filetes em cada extremidade de cada montante e de cada diagonal igual a 120mm.

– Ligar a treliça auxiliar TRa10 nova às treliças existentes TR2 e TR3 através de solda de filete (perna 4 mm) em torno de toda a região de contato.

– Proteção superficial: zarcão, base, três demãos de esmalte sintético.

TR6, TR7, VTa1–VTa9, VTa11–VT24, Terças Terapêutica e Tratamento superficial

- Terapêutica: escovação manual e lixadeira para remoção de corrosão de banzos, montantes e diagonais.
- Proteção superficial: zarcão, base, três demãos de esmalte sintético.
- Troca eventual de perfis perfurados por corrosão, se detectados após a terapêutica.



- Chapa (C) de solidarização dos banzos superiores de VTa1 a VTa6, 550mm x 550mm - espessura 8mm, soldar nos banzos superiores das vigas trelaçadas auxiliares VTa1 a VTa6 e nos banzos superiores da trelça TR2 (duplo) (no mínimo dois filetes de 100 mm, com perna de 3 mm, em cada trelça).
- Proteção superficial: zarcão, base, três demãos de esmalte sintético.

Chapa de solidarização
Planta - nível de banzos superiores

Esc. 1:5 - Unidade: mm



PERFIS METÁLICOS (para duas treliças novas, TR8 e VTa10, mais reforços)

Perfil	Designação – peso unitário – utilização	Compr. Líq.(m)	Massa Líq.(kg)
1	Chapa 550mm x 550mm x 8mm – solidarização de VTa1 a VTa6	–	19
2	U 100x40x3,4 (ch. dobr.) – 4,47 kg/m – banzos de duas novas treliças	49	218
3	U 50x25x3 (chapa dobrada) – 2,10 kg/m – reforços de diagonais	105	220
4	L 2 1/2” x 5/16” (laminado) – 7,44 kg/m – reforço de banzos de TR2	76	560
5	L 2” x 1/4” (laminado) – 4,74 kg/m	76	357
6	L 2” x 3/16” (laminado) – 3,63 kg/m	40	146
7	L 1 3/4” x 3/16” (laminado) – 3,15 kg/m	119	373
8	L 1 1/2” x 1/4” (laminado) – 3,48 kg/m	28	96
9	L 1 1/2” x 3/16” (laminado) – 2,68 kg/m	13	35
10	L 7/8” x 1/8” (laminado) – 1,04 kg/m	76	79
		TOTAL LÍQ.	2103 kg

Aço estrutural com tensão de escoamento de no mínimo 250 MPa.

Massa unitária geral = $2103 \text{ kg} / 274 \text{ m}^2 = 7,7 \text{ kg/m}^2$