



## PROJETO ESTRUTURAL DE UM VIADUTO COM USO DE ELEMENTOS RECICLADOS.

Vitor Faustino Pereira<sup>1</sup>, Vitor Hugo Tannouri Garbin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ESTRUTURAL Projetos e Consultoria de Estruturas / e-mail: vitor.pereira@estrutural.eng.br

<sup>2</sup> ESTRUTURAL Projetos e Consultoria de Estruturas / e-mail: vitorhugo.garbin@estrutural.eng.br

### Resumo

O trabalho aborda o projeto estrutural de um viaduto com elementos retirados de outra obra de arte demolida. É um caso de reaproveitamento de elementos estruturais.

Trata-se do projeto de um complexo de viadutos de acesso a um empreendimento logístico em Duque de Caxias (RJ), construído a partir de 2016, onde foram empregadas longarinas metálicas retiradas do Elevado da Perimetral do Rio de Janeiro (RJ), demolido entre 2013 e 2014.

Os desafios da reutilização de elementos reciclados no projeto de um novo viaduto começam na identificação dos elementos originais, suas características físicas e geométricas e seu estado de conservação. Mas, o grande desafio estrutural é projetar um novo arranjo estrutural, que atenda as condicionantes do novo projeto, utilizando o máximo da capacidade estrutural dos elementos reciclados.

O caso em questão foi ainda mais desafiador por se tratar do uso de vigas metálicas retas, de grandes vãos, em um viaduto com trechos curvos e retos.

Apesar de todas as restrições que um projeto desse impõe, a solução final se mostrou bastante interessante. As vantagens financeiras para o empreendedor foram notáveis.

Embora o principal motivo para esse aproveitamento tenha sido o financeiro, o projeto mostrou uma alternativa interessante para a reutilização de materiais reciclados em novas estruturas.

A demolição de pontes e viadutos ocorre com frequência muito maior do que nas estruturas de edificações convencionais. Projetar essas estruturas com o olhar voltado para a possibilidade de desmontagem e reaproveitamento é um compromisso com a sustentabilidade.

### Palavras-chave

Projeto viaduto; reciclagem; sustentabilidade; viaduto metálico

### Introdução

Com o crescimento das preocupações com o meio ambiente, a engenharia tem sido provocada a criar soluções construtivas que atendam também a quesitos de sustentabilidade. Essa preocupação já é antiga com os engenheiros de instalações, proporcionando soluções que reduzam o consumo de energia e emissão de CO<sub>2</sub>. Para os engenheiros de estruturas a preocupação com a sustentabilidade parece distante de suas atividades. Porém a reciclabilidade dos materiais e das edificações também está contida nos objetivos da sustentabilidade.

Considerando que nossas estruturas possuem uma vida útil e que, depois desse período, podem ter seu uso descontinuado por questões econômicas ou de inadequação ao uso, surge uma questão: o que fazer com os materiais restantes do desmonte ou da demolição de uma estrutura?

Mostra-se neste trabalho um caso de reaproveitamento de partes de uma estrutura de um viaduto desmontado onde o novo projeto foi pensado de forma a aproveitar o máximo da resistência dos elementos disponíveis.

## O novo projeto

Trata-se de um complexo de viadutos localizados no município de Duque de Caxias (RJ). O projeto geométrico foi concebido para permitir o acesso a um site logístico, localizado na Rodovia Washington Leste, em frente à Refinaria Duque de Caxias (REDUC). O objetivo desse projeto foi o de permitir o acesso de caminhões oriundos tanto da baixada fluminense quanto da região serrana, cruzando os trilhos da Supervia e a alça de acesso a REDUC e ao site logístico. A Figura 1 mostra uma vista aérea do complexo, ainda em construção. A Figura 2 mostra esquematicamente a solução geométrica com a implantação geral.



Figura 1 - Foto aérea do complexo, ainda em construção, sem a Fase 2.

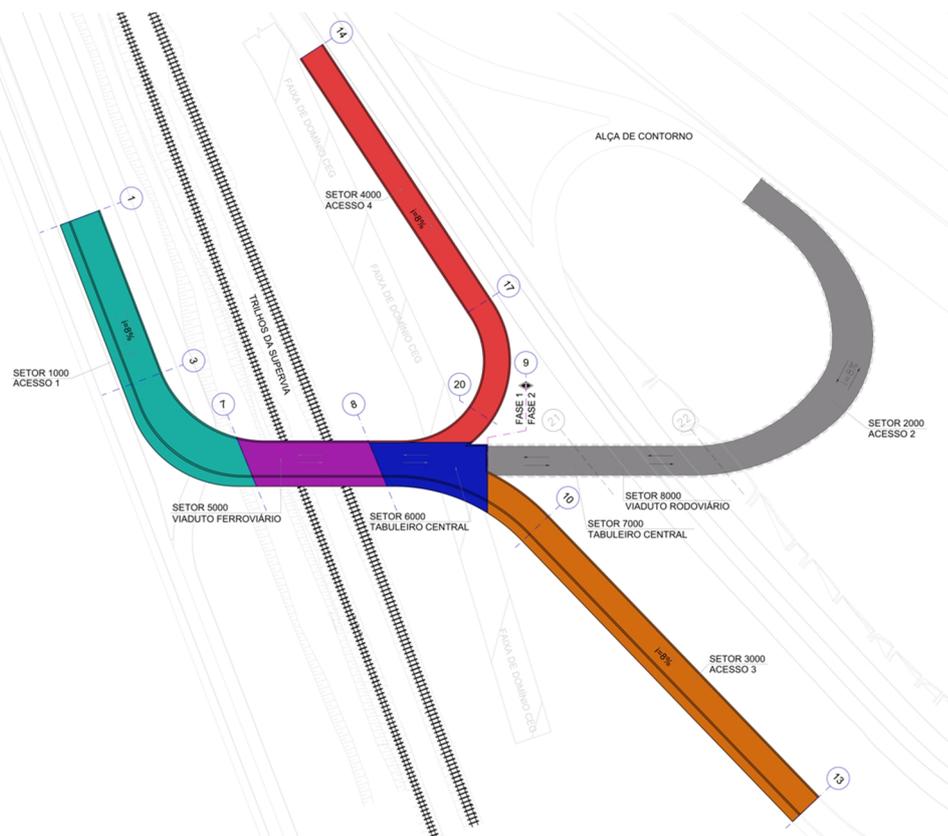


Figura 2 - Implantação geral do complexo

O complexo foi executado em duas fases. A primeira fase contemplava a transposição dos trilhos da Supervia para acesso ao site logístico. A segunda fase contemplava a transposição sobre a alça de acesso a REDUC. A foto da Figura 1 é uma vista aérea do complexo quando estava sendo finalizada a Fase 1.

A primeira fase foi executada com longarinas metálicas e dividida em setores, conforme Figura 2. A segunda fase foi executada com longarinas de concreto, e dividida em novos setores, conforme ainda Figura 2.

Este trabalho trata apenas da primeira fase do complexo, onde foram empregadas longarinas retiradas do elevador da Perimetral e, também, vigas W aproveitadas de um outro empreendimento da construtora. O cliente dispunha de um estoque grande de perfis W610X155, com 12,00 metros de comprimento, que sobraram de uma obra em Curitiba.

### **Os desafios do novo projeto**

Os desafios do novo projeto começam com os desafios nas obras de engenharia viária atuais: prazo curto de execução, possibilidade de industrialização, custos etc.

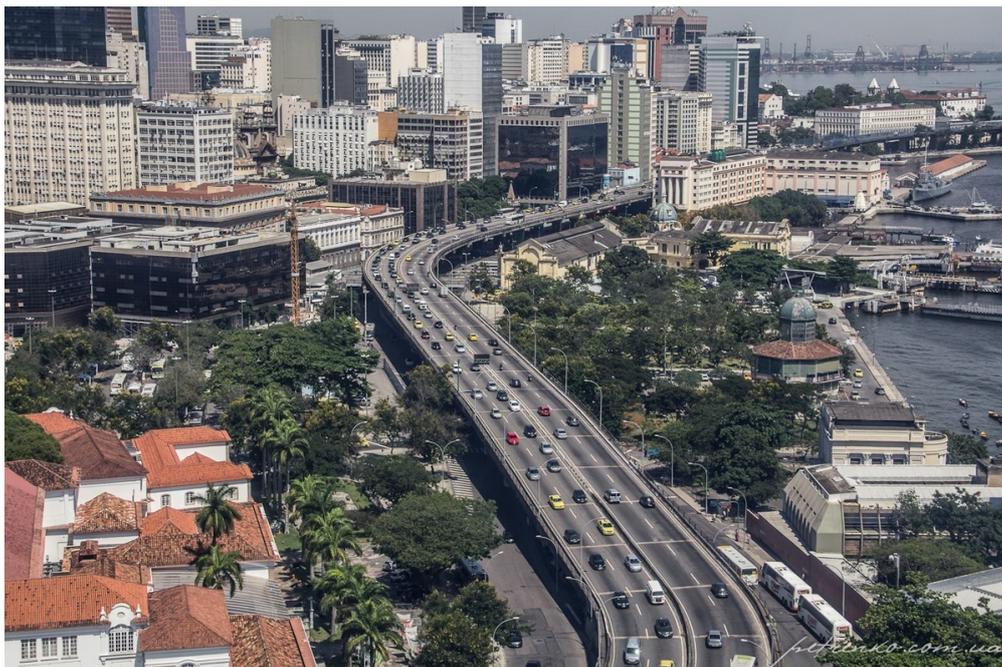
A esses desafios se somam os da geometria, com rampas em curva, e os desafios oriundos de um terreno de baixa capacidade de suporte. Essa baixa capacidade de suporte do terreno superficial impediu a adoção dos tradicionais aterros de cabeceira, devido aos grandes recalques que poderiam resultar. Ao invés disso, foi adotada a solução de rampas e cabeceira estruturadas até que a altura de aterro se tornasse mínima.

### **A desmontagem do elevador da Perimetral**

O elevador da Perimetral no Rio de Janeiro, também conhecido como Via Elevada da Perimetral, era uma via elevada com 7.326 metros de comprimento construída na década de 70. A estrutura foi construída com vigas de aço fabricadas na CSN. Ao todo foram utilizadas 26.000 toneladas de aço Corten, ASTM A242, aço mecanicamente equivalente ao ASTM A588, com ligeira diferença na resistência à corrosão.

O complexo continha mais de 1.000 vigas, com comprimento médio de 36,00 metros. A seção típica do tabuleiro tinha 16,00 metros de largura e 8 longarinas em perfil I, com 1.500 mm de altura, pesando, em média, 400 Kg/m cada uma. As lajes eram em concreto, moldadas in-loco, pois não era empregado ainda, à época, o sistema de lajes mistas.

A foto da Figura 3 mostra uma vista do elevador e o impacto visual que causava.



*Figura 3 - Vista do Elevado da Perimetral*

Esse complexo foi desmontado e demolido entre os anos de 2013 e 2014 para dar lugar a uma via expressa e um túnel que fazem parte do projeto Porto Maravilha, projeto de revitalização da área portuária do Rio de Janeiro.

A foto da Figura 4 mostra um vão de elevado com o tabuleiro de concreto demolido e as vigas metálicas expostas.

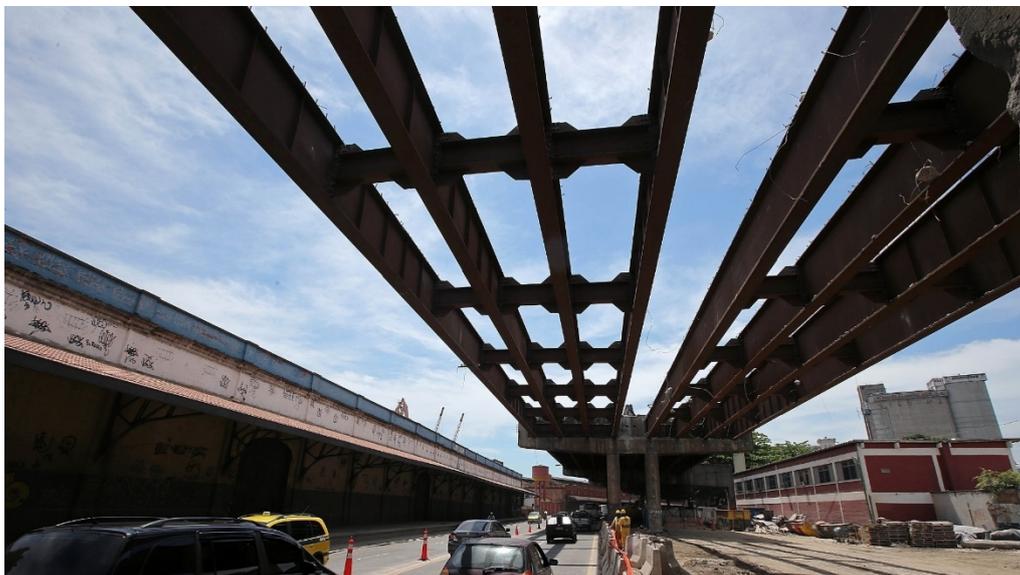


Figura 4 - Vista de um vão do elevado durante a demolição

Uma notícia que chamou muita atenção na imprensa no ano de 2013 foi o sumiço de seis, ou cinco, dessas vigas já desmontadas, que estavam armazenadas em um terreno vazio próximo ao complexo. Foi difícil entender como foi possível roubar uma carga de vigas, de aproximadamente 120 toneladas no total, sem que isso fosse notado pela segurança.

Com relação à possibilidade de aproveitamento das vigas metálicas, o noticiário à época já anunciava essa possibilidade, conforme relata o site INFOMET:

*A administração municipal ainda estuda o que fazer com as vigas, informa o presidente da Companhia de Desenvolvimento Urbano do Porto do Rio de Janeiro (CDURP), Alberto Gomes Silva. 'A Secretaria Municipal de Obras está fazendo um levantamento de obras da prefeitura que poderiam aproveitar o material. O que não for aproveitado, vamos leiloar', conta ele. A ideia é usar os recursos da venda do material em outras obras de infraestrutura urbana. Silva diz que não tem avaliação do valor do material, que vai depender do uso que for dado pelos futuros compradores.*

*O CREA se preocupa com o risco de sucateamento das vigas, uma vez que as construtoras brasileiras têm preferido usar estruturas de concreto armado ao invés de aço em grandes obras de transportes...*

*Os engenheiros responsáveis pelo projeto propõem o uso em novos projetos de pontes e viadutos, seguindo o conceito de economia verde, alegando que o reuso das vigas pode reduzir em até 40% o custo das obras. 'Poderíamos construir 250 pontes com as mil vigas que serão retiradas do Elevado da Perimetral', diz o engenheiro Fernando Pinho, que também participou da construção da via. Uma das alternativas já apontadas pelo CREA seria destinar parte das vigas ao projeto de ampliação do Elevado do Joá, que liga a Zona Sul à Zona Oeste da cidade, em estudo pela prefeitura.*

*'Como grande parte da estrutura será desmontada, acreditamos que as vigas sairão em boas condições. Mas não quer dizer que vamos conseguir aproveitar tudo, porque foram feitas sob encomenda para aquele projeto', argumenta o presidente da CDURP.*

### **Aproveitamento da oportunidade**

O aproveitamento das vigas metálicas retiradas do elevador da Perimetral surgiu como uma oportunidade na época do projeto. A empresa DIASE, construtora responsável pela execução do condomínio logístico e dos viadutos, informou que algumas dessas vigas se encontravam estocadas na empresa CALDTEX, no bairro de Campo Grande. Uma inspeção no local detectou que essas vigas estavam em bom estado, porém haviam sido cortadas em segmentos de 12,00 metros, talvez para facilitar o transporte. Essas vigas continham ainda os conectores de cisalhamento, porém esses estavam bastante danificados.

O custo também se revelou bastante atraente. A CALDTEX estava negociando essas vigas por cerca de 1/5 do preço de vigas novas. Mesmo com os custos adicionais de retirada dos conectores, emendas, e outras conexões, o custo final se mostrava quase metade do custo de longarinas pré-moldadas. Tratava-se realmente de aproveitar a oportunidade que estava se desenhando.

A foto da Figura 5 mostra as vigas estocadas nas instalações da CALDTEX durante uma visita para reconhecimento do material.



*Figura 5 - Visita às instalações da CALDTEX para vistoria das vigas do Elevador da Perimetral*

Antes da decisão sobre o aproveitamento das vigas, a integridade estrutural do material foi atestada por meio de ensaios de ruptura em que se constatou que a tensão de escoamento era superior à prevista pela ASTM. As soldas de composição foram inspecionadas por meio de ensaio de líquido penetrante, visando confirmar sua integridade.

### **Novos desafios**

Após vários estudos de soluções, com longarinas metálicas reaproveitadas e longarinas em concreto protendido, optou-se por utilizar, para a Fase 1, tanto as vigas metálicas retiradas do elevador da Perimetral quanto as vigas W não utilizadas em outro empreendimento.

O aproveitamento das vigas do elevador, que originalmente era de 36,00 metros, só se justificaria se essas fossem utilizadas nos mesmos vãos. Usar essas vigas em vãos menores seria um desperdício muito grande, que faria perder a vantagem econômica inicial.

Portanto, o novo desafio foi o de se conceber um sistema estrutural que fizesse uso das vigas retiradas do elevador, com 36,00 metros, e também, dos perfis W de 12,00 metros não empregados em outra obra. Essas vigas foram posicionadas longitudinalmente e afastadas entre si de forma a permitir o emprego de lajes mistas com steel deck, sem escoramentos.

A esses novos desafios se somam os originais de: traçado com curvas e rampas estruturadas para evitar sobrecarga de aterro em terreno mole. Aliás, a necessidade de estruturar as rampas transformou o desafio em uma oportunidade para se aproveitar as vigas com 36,00 metros,

### A solução adotada

A solução empregada na Fase 1 está representada na Figura 6 com os vãos para cada setor do complexo.

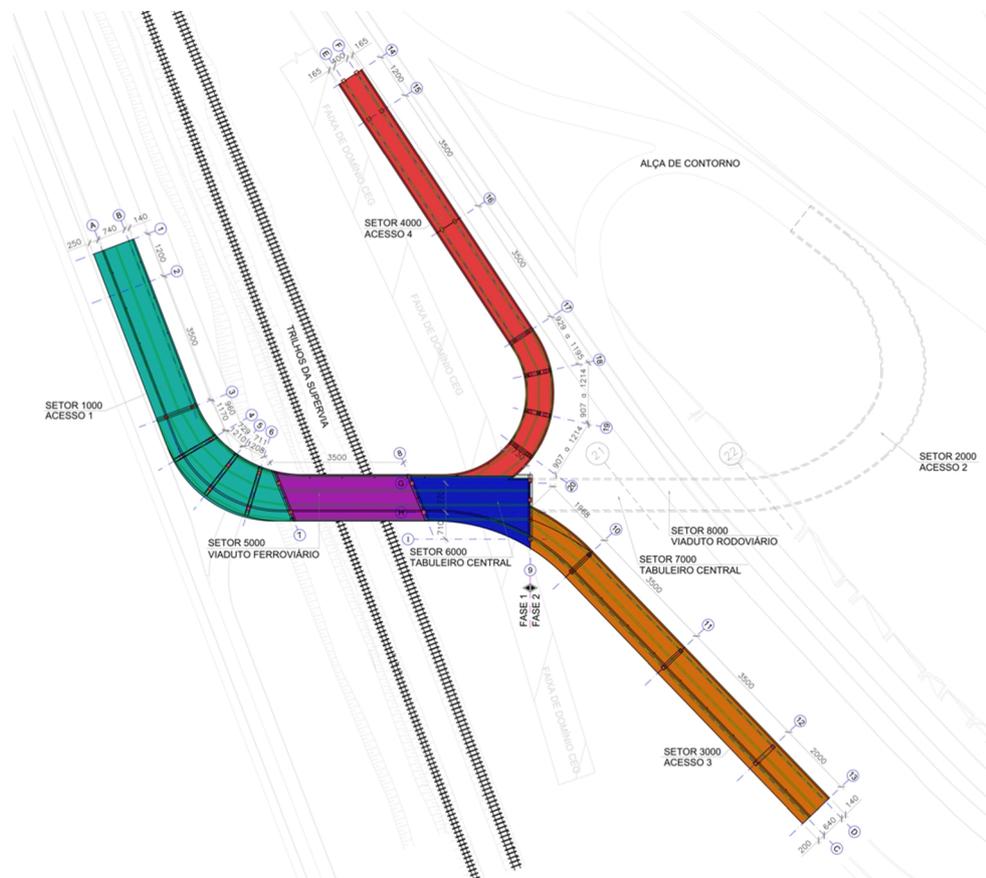


Figura 6 - Implantação da Fase 1 com vãos

As rampas de acesso foram estruturadas com longarinas de 35,00 metros reaproveitadas da Perimetral. Nos trechos curvos foram utilizados os perfis W de 12,00 com longarinas retas. A Figura 7 mostra a elevação do Acesso 1 com o uso dos dois tipos de longarinas.

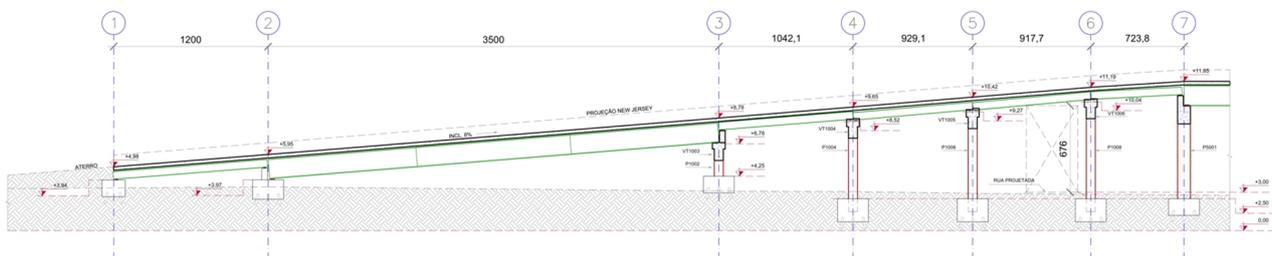
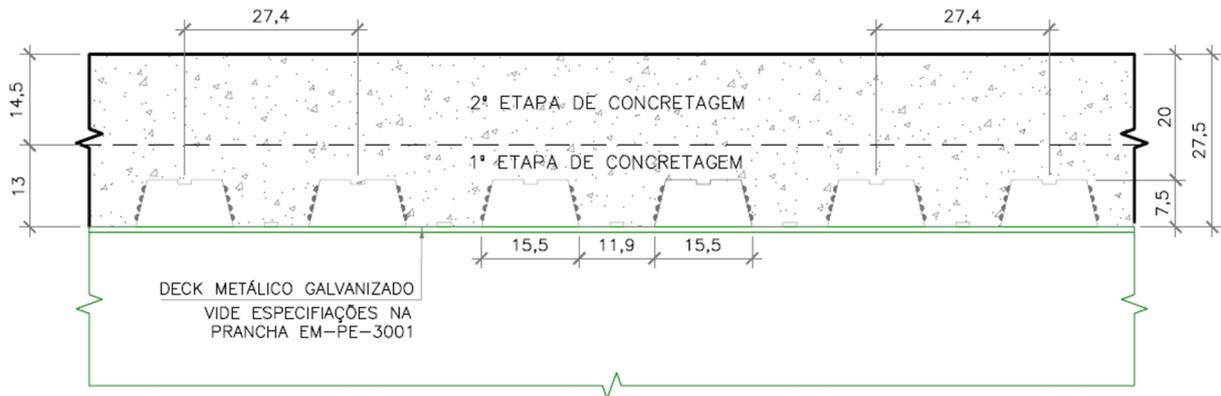


Figura 7 - Elevação do Acesso 1 - Setor 1000



etapa. Visando garantir a boa adesão entre as camadas de concreto armado que compõem o tabuleiro mediante ações cíclicas, foram previstas armaduras de costura na interface entre as duas concretagens. A fim de se obter eficiência máxima dos stud-bolts, esses elementos foram soldados diretamente nas mesas superiores das longarinas, o que demandou a perfuração prévia dos decks metálicos nas posições de conectores. A Figura 11 mostra um detalhe típico da laje de concreto.



NOTA: A CONCRETAGEM DO TABULEIRO SE DARÁ EM DUAS ETAPAS. CONSULTAR DETALHES NA RESPECTIVA PRANCHA DE ARMADURAS.

Figura 11 - Detalhe típico da laje de concreto

Os ajustes nos trechos curvos foram feitos com longarinas em segmentos de reta, cortadas dos perfis W. Em alguns casos foi necessário aumentar o número de longarinas para reduzir os balanços laterais das lajes, conforme mostra a Figura 12.

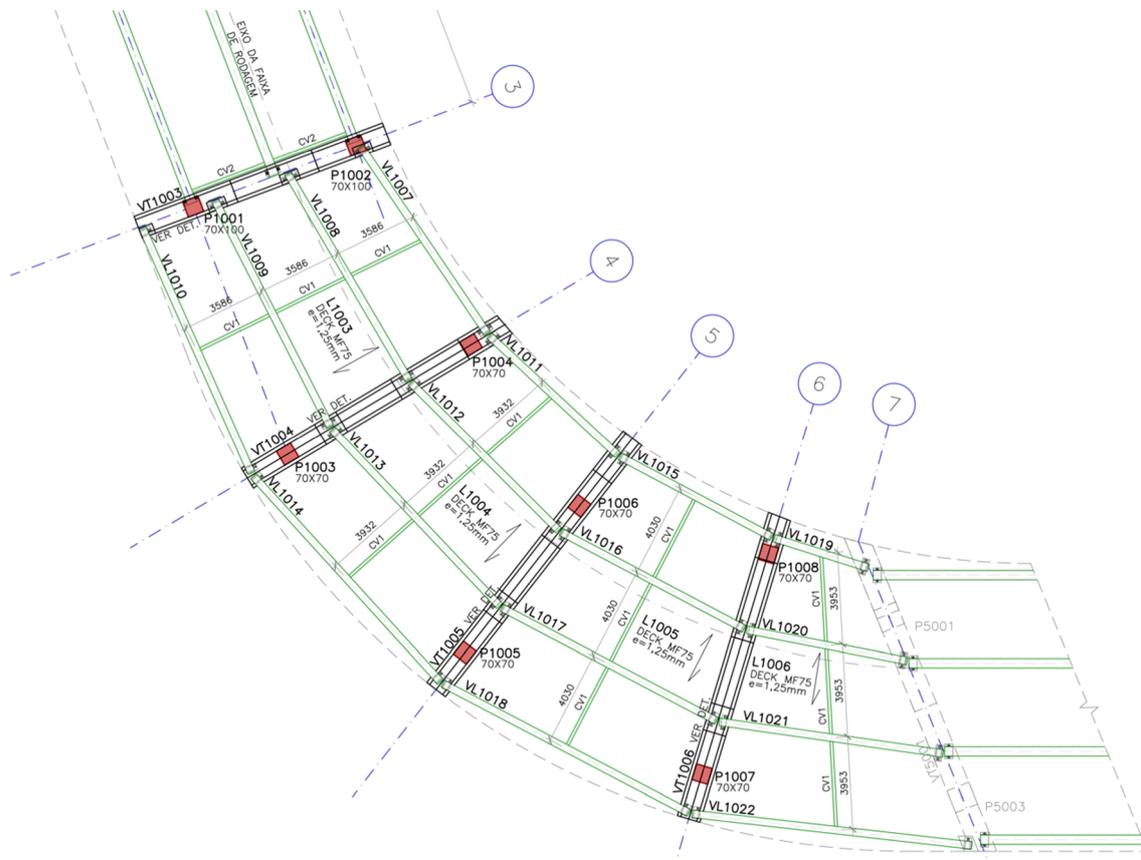


Figura 12 - Trecho curvo do Acesso 1 - Setor 1000

A estruturação do Setor 6000, conforme representada na Figura 13, também teve complexidade elevada com a união de dois trechos em curva e um vão central. Neste caso foi necessária a utilização dos dois tipos de longarinas.

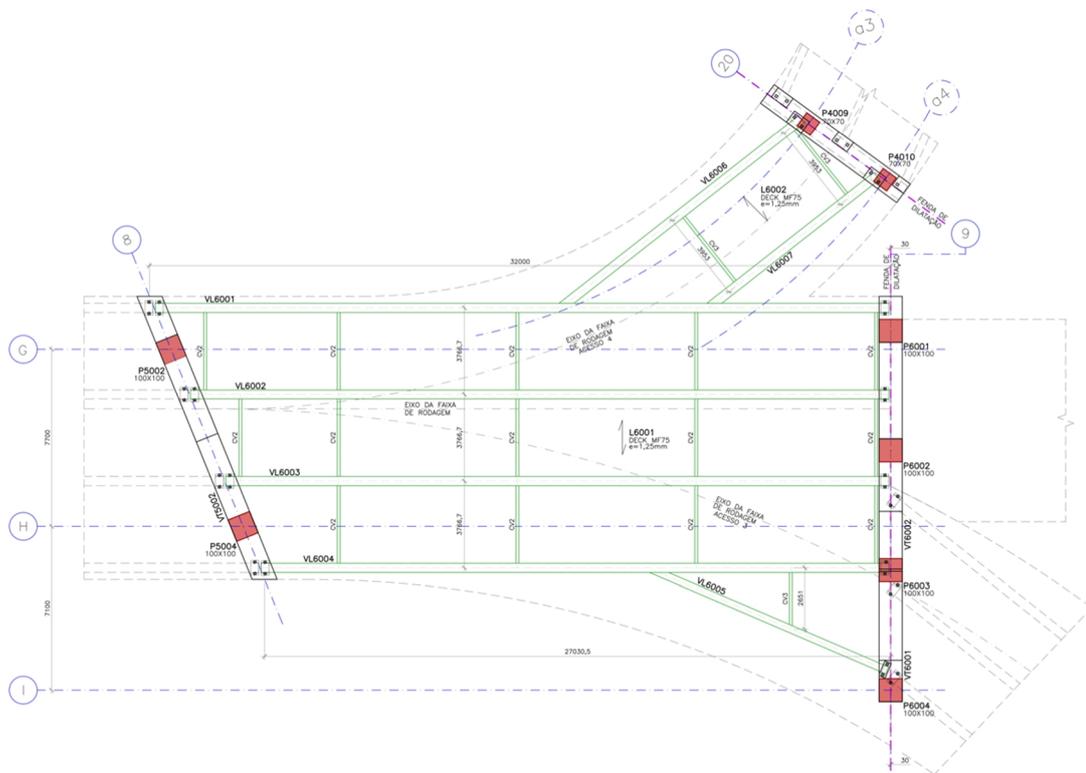


Figura 13 - Estruturação do Setor 6000

O complexo todo, na Fase 1, possui uma área de 3.992,00 m<sup>2</sup>. Nessa área foram empregados 50.800 Kg de perfis W, não utilizados em outra obra, e 311.300 Kg de perfis soldados, reaproveitados do Elevado da Perimetral, totalizando 362.100 Kg de perfis de aço. O consumo médio de aço de 90,70 Kg/m<sup>2</sup> é bastante razoável para uma obra dessa complexidade e vãos, demonstrando que o reaproveitamento não resultou em desperdício de material.

### Conclusão

O reaproveitamento de elementos estruturais de um viaduto a ser demolido em outra obra semelhante é algo possível e traz uma série de vantagens. O fato de se reduzir o descarte de material e as consequências ambientais desse descarte, aliado à vantagem econômica desse reaproveitamento, faz com que essa alternativa seja sempre avaliada nessas ocasiões.

O novo projeto onde serão empregados os elementos reaproveitados exige uma estruturação especial, para que as vantagens econômicas não sejam perdidas.

O reaproveitamento de elementos em aço é muito mais simples do que elementos em concreto, tornando essa alternativa construtiva bastante atraente quando se pensa em reciclabilidade.

### Agradecimentos

Agradecemos à Construtora DIASE por ter aceitado esse desafio de construir um complexo viário com uma alternativa estrutural tão arrojada e acredito no sucesso do projeto.

### Referências

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

SITE INFOMET: <https://www.infomet.com.br/site/noticias-mobile-ler.php?org=&rs=&cod=97313>