



# Megavigas Pré-Fabricadas – Case Complexo Viário Porto de Itaguaí/RJ

Gustavo Rovaris  
Cassol Pré-Fabricados

# Introdução

---

- 2006 - Rio de Janeiro se transformou em um canteiro de obras com o PAN/2007.
- 2008 - A Cassol com o grande aumento da demanda no estado do RJ ampliou a unidade de Seropédica, iniciando a fabricação de estacas centrifugadas e construção de galpões com pistas de pré-tensão de 600 ton.
- 2010 – O estado RJ com as obras destinadas a copa do mundo, olimpíadas, Comperj e ampliação de Porto de Itaguaí que além das obras do porto recebia projeto porto sudeste e o programa do submarino nuclear.

# Introdução

---

- Rio está se transformando num ‘canteiro de obras’: falta espaço
- “Gargalos” do setor: a escassez de profissionais e atrasos
- Oportunidade: aumentar produtividade industrializando parte importante das obras de infraestrutura

# DESAFIOS

---

- Compatibilização dos projetos: *método convencional* → *sistema industrializado*.
- Produção e logística de movimentação interna (fábrica) e externa (transporte e montagem) de vigas de até 64 ton!
- Viabilizar em Fabrica a Execução de Vigas com 38 m e 86 ton.
- Minimização de patologia: concreto auto adensável (CAA).
- Produção e Montagem em tempos recordes.

# INFORMAÇÕES GERAIS DA OBRA

---

- **Localização da Obra :** Itaguaí - RJ
- **Construtora:** EBTE – Empresa Brasileira de Terraplanagem Engenharia.
- **Estrutura Pré-Fabricada:** CASSOL PRÉ-FABRICADOS LTDA
- **Estrutura da Obra:** 1 ponte ferroviária, 1 ponte rodoviária e 2 viadutos rodoviários.
- **Volume Total de concreto:** 6521,00 m<sup>3</sup>
- **Metragem de Estacas Centrifugadas:** 10.171,40 m

# A Solução

---

- Produzir a parte mais complexa da estrutura da obra em planta de pré-fabricado
- Vantagens: maior qualidade, produção de parte da estrutura em paralelo à fundação e ganhando tempo.
- Produção em planta: *dez/2011 - maio/2013*, visando à sincronização com o andamento da obra em canteiro

# Quadro resumo das megavigas

	Nº vigas	Comprimento	Volume	Massa	Taxa Arm. Ativa	Taxa Arm. Passiva
Ponte rodoviária <sup>(1)</sup>	8	36,00 m	25,5 m <sup>3</sup>	63,75 t	79,22 kg/m <sup>3</sup>	148,39 kg/m <sup>3</sup>
Ponte ferroviária <sup>(1)</sup>	36	17,45 m	13,46 m <sup>3</sup>	33,65 t	40,87 kg/m <sup>3</sup>	189,59 kg/m <sup>3</sup>
Viaduto duplo <sup>(2)</sup>	<b>133</b>	<b>36,00 m</b>	<b>23,00 m<sup>3</sup></b>	57,50 t	50,23 kg/m <sup>3</sup>	204,97 kg/m <sup>3</sup>
Viaduto composto (Pera) <sup>(3)</sup>	20	29,60 m	20,42 m <sup>3</sup>	51,06 t	39,17 kg/m <sup>3</sup>	237,44 kg/m <sup>3</sup>
Cabeças das vigas do viaduto <sup>(3)</sup>	20	3,85 m	6,70 m <sup>3</sup>	16,76 t	-	207,40 kg/m <sup>3</sup>

Projetistas estruturais: <sup>(1)</sup> Cerne Eng /Geraldo Filizola; <sup>(2)</sup> Pacs Eng /Rogério Barros de Souza e <sup>(3)</sup> Planave Eng/ Francisco J. C. Reis

# Projeto

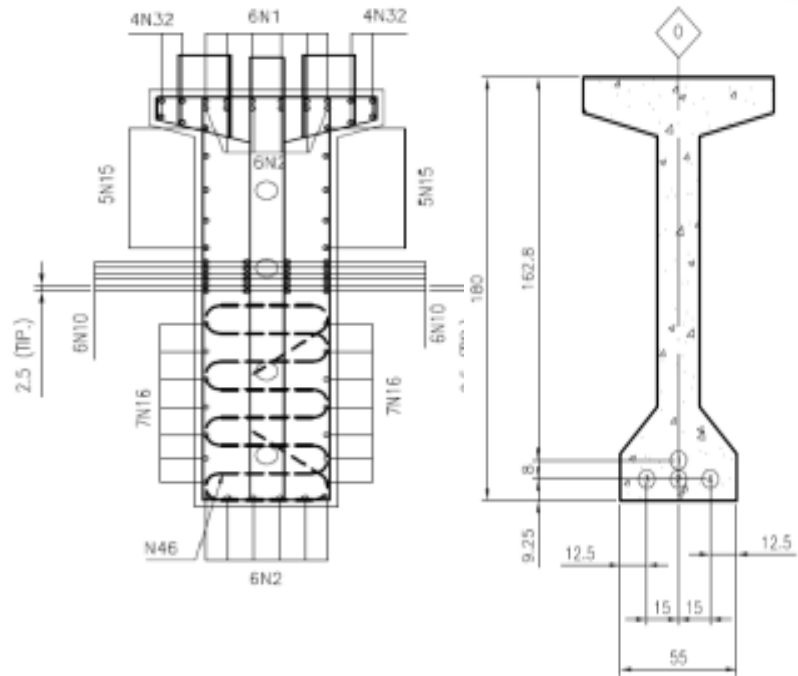
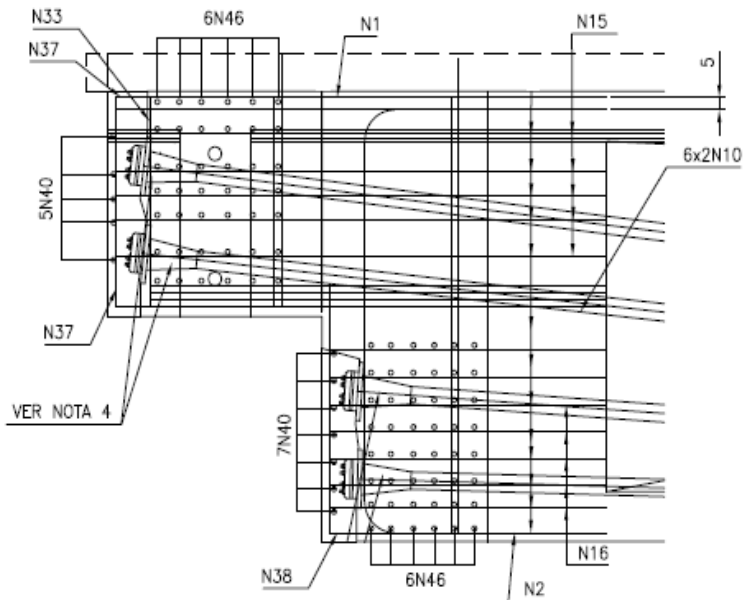
---

- Adaptação do concreto protendido:  
Canteiro → “pós-tração”  
**Pré-fabricado → “pré-tração”**
- Pós-tração: cabos são tracionados no concreto endurecido após atingida resistência mínima
- Pré-tração: cabos são tracionado e depois o concreto é lançado (...) força de protensão é transferida para o concreto após atingir resistência mínima, por meio do corte das armaduras ativas



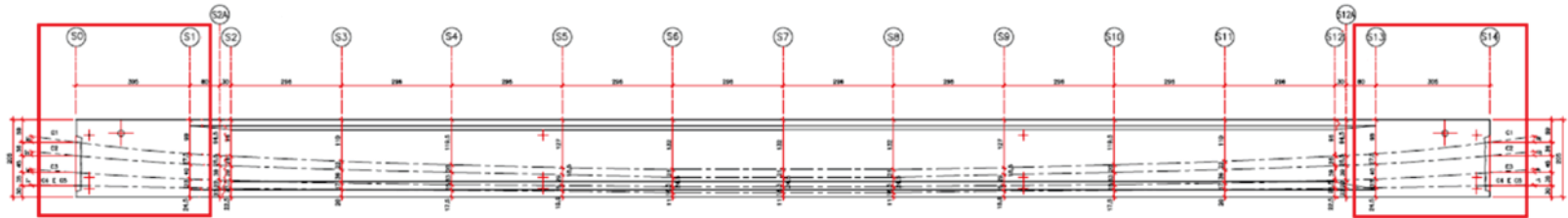
# Projeto

## A - antes (sistema pós-tração)





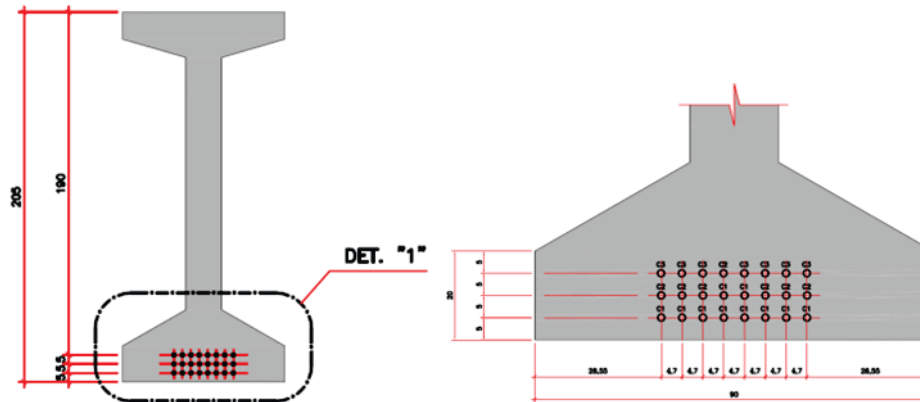
# Projeto



Armadura passiva + pós-tração

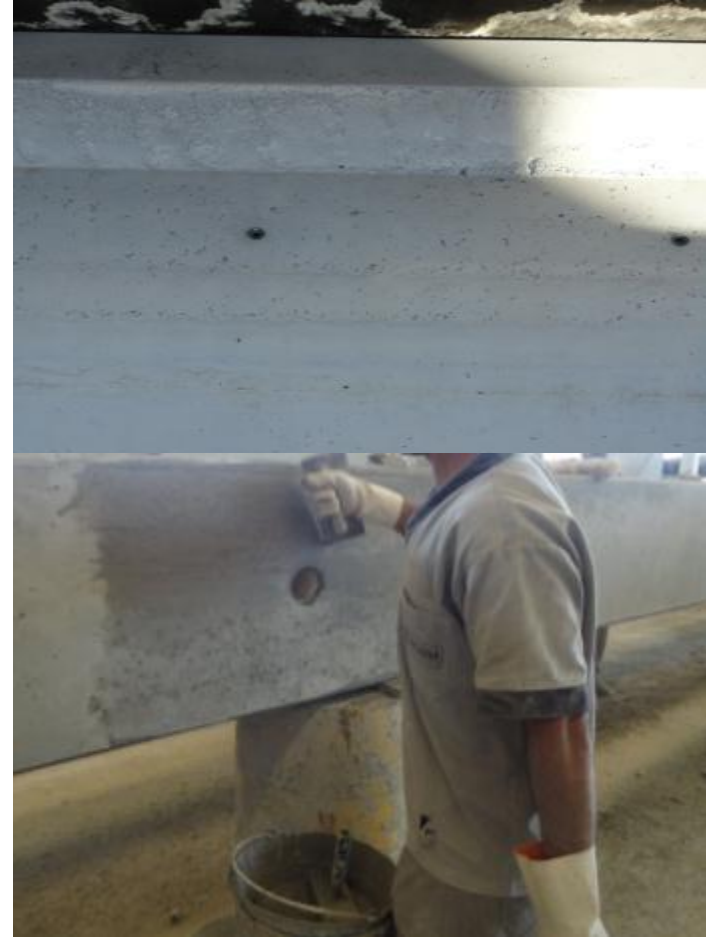
Armadura passiva + pós-tração + pré-tração

Armadura passiva + pós-tração



## Pré-requisitos: Dosagem

- Mitigar bolhas e marcas entre camadas de concretagem
- Devido: perda acentuada da fluidez e lançamento muito rápido
- Consequência: retrabalho c/ estucagem



# Pré-requisitos: Dosagem

- Evitar marcas de exsudação (vesículas)
- Devido: excesso d'água, falta de finos, descontrole de umidade, etc
- Consequência: pontos frágeis (esfarelamento)



# Tecnologia do concreto

---

- **Fluidez:** classe SF2 (660-750mm) e Brita de até 12,5 mm; alta taxa de armadura e esbeltez das megavigas
- **Viscosidade aparente:** classe VS1 ( $t_{500} \leq 2s$ ) e VF1 (funil-V  $\leq 9 s$ ); mais baixa viscosidade facilitam o escape do ar incorporado
- **Habilidade passante:** classe PL2,  $H_2/H_1 \geq 0,8$ , c/ 3 barras de aço na caixa-L;
- **Resistência à segregação:** classe SR2 ( $\leq 10\%$ , menor que a NBR); alta distância de fluxo (36m), baixo espaçamento dos cabos e trepidação da caçamba

# Tecnologia do concreto

- Maior dificuldade na produção do CAA: manter características em larga escala
- “Fator chave” → Robustez: hab. manter característica (estado fresco) diante pequenas variações dos materiais
- Solução: uso de adições p/ aumentar finos e melhorar distribuição granulométrica (compensar descontinuidade)

Materiais	kg/ m3
CPV ARI (Votoran)	452
Micro-filer de granito (blaine > 7.000) (PSI)	40
Mistura de areia média (ø 1,2 mm) e grossa (ø 2,4 mm) naturais	903
BO de granito (ø 9,5mm)	806
Água	195 (a/c = 0,44)
Plastol 6580	4,97 (sp/c = 1,1%)

# Tecnologia do concreto

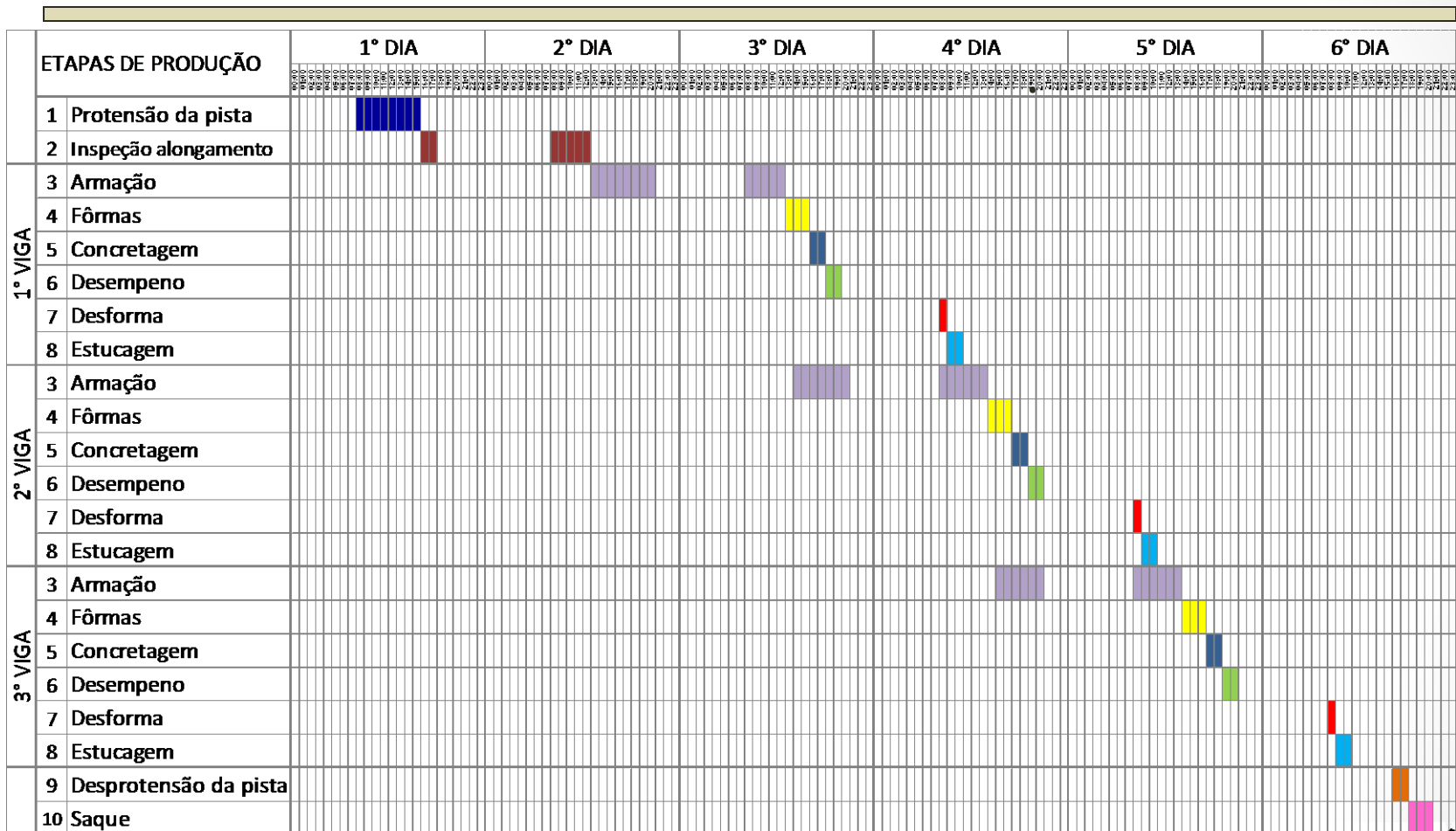
---



CASE COMPLEXO VIÁRIO PORTO DE ITAGUAÍ / RJ



# Produção



CASE COMPLEXO VIÁRIO PORTO DE ITAGUAÍ / RJ



# Produção



Viga Armada



CASE COMPLEXO VIÁRIO PORTO DE ITAGUAÍ / RJ

# Produção

---

1. **Protensão** (pista 140m) - 30 cabos  $\varnothing$  15,2mm (600t)
2. **Inspeção de alongamento** – vai Relatório ao projetista: avalia e aprova (Selo de Excelência Abcic)
3. **Armação** - grande desafio cabeças: maior taxa de armadura
4. **Fôrmas** - 1°, 2° e 3° vigas da pista são montadas em dias sequenciais (mesma lateral)
  - Estanqueidade: cantoneiras de borracha - interface dos painéis laterais, cabeceira e base; na face externa, em contato com os cabos, espuma PU
  - Desmoldante: aplicar película fina uniforme – excesso dificulta o escape do ‘ar aprisionado’

# Produção



- Spray c/ bomba de baixa pressão (4-5 bars): fina camada (camada única); evitar acúmulo e escorrimento
- Distância aplicação: 30cm (bico do jato - fôrma)
- Inspeccionar se todos os pontos da fôrma estão cobertos; teste empírico: "do dedo" - passar o dedo na fôrma, nenhuma marca visível deve ficar impressa;
- Aplicar pano (ou esponja de baixa absorção) para retirar excesso

# Produção

---

**5. Concretagem** -misturador de eixo horizontal (1,5 m<sup>3</sup> de capacidade

- Controle 3X ao dia da umidade das areias
- Toda caçamba (1,5 m<sup>3</sup>) - verificação flow: 660-750mm (variações de até +/- 50mm)
- Lançamento: lenta, restringindo o fluxo na saída, perfazendo movimentos de vai e vem ao longo da peça (criar finas camadas)- facilitando o escape do ar

*Tempo total CAA → 2 h (se fosse slump 20 cm > 5 h)*

**6. Desempeno** - superfície da 4° fase da peça; após 2 h (pega) – “queima”, repetidas vezes – textura desejada

# Produção

---

7. **Desforma** – retirada laterais: 5-6 h após concretagem!
8. **Estucagem** – retrabalho: deseja-se evitar (cuidados anteriores)
9. **Liberação da protensão** – corte dos cabos: 24 h após concretagem (última viga da pista)

*$f_{cj} = 32,0 \text{ MPa}$  (projeto) / média  $5,0 \text{ MPa}$  acima (sem vapor)!!!*

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa} / f_{c28} = 56 \text{ MPa}$$

10. **Saque** – içamento da pista (4 pontes rolantes) até conj. transporte: cavalo mecânico c/ doly de 4 eixos de 40m

# Montagem

---

## 4 Etapas Distintas de Lançamento das Vigas

- **Ponte Rio Cação:** Dez/11.
- **Ponte Ferroviária:** Nov/12
- **Viaduto da Pera:** Nov/12 e Jan/13
- **Viaduto Duplo:** Jan a Maio/13.

# Montagem

- Logística





# Montagem

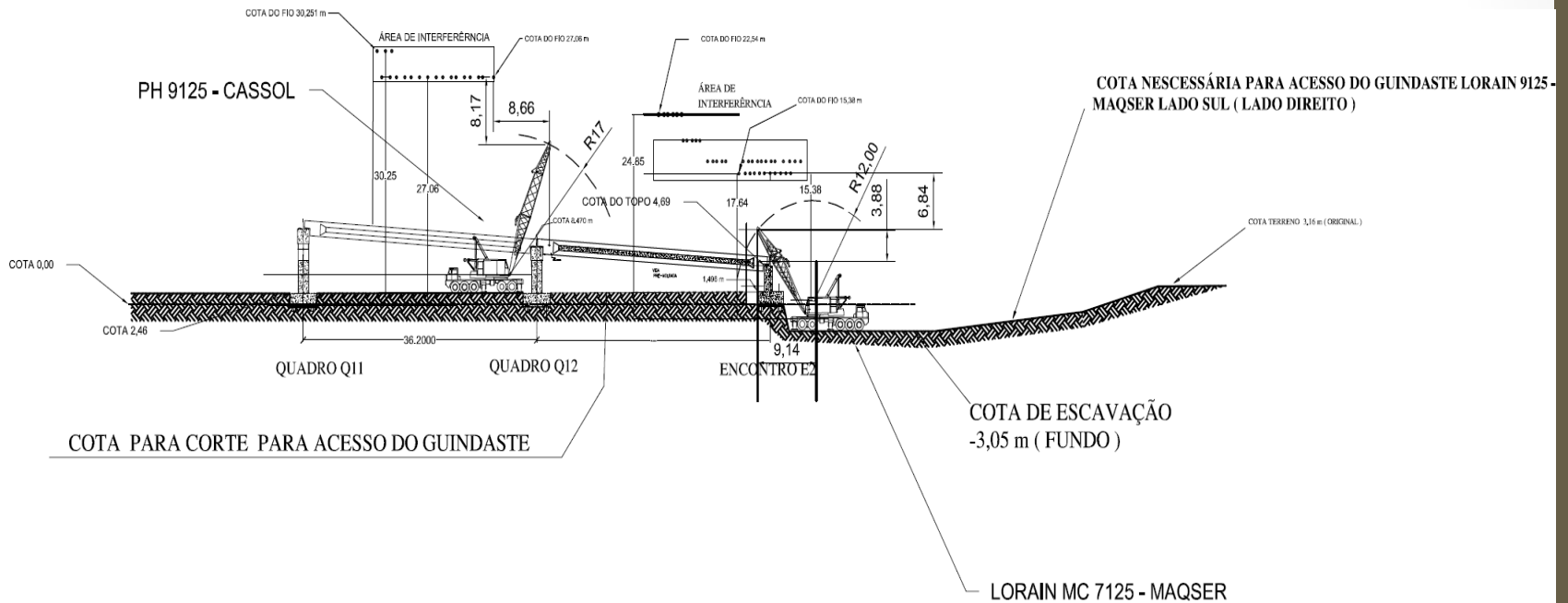
---

- Logística



# Montagem

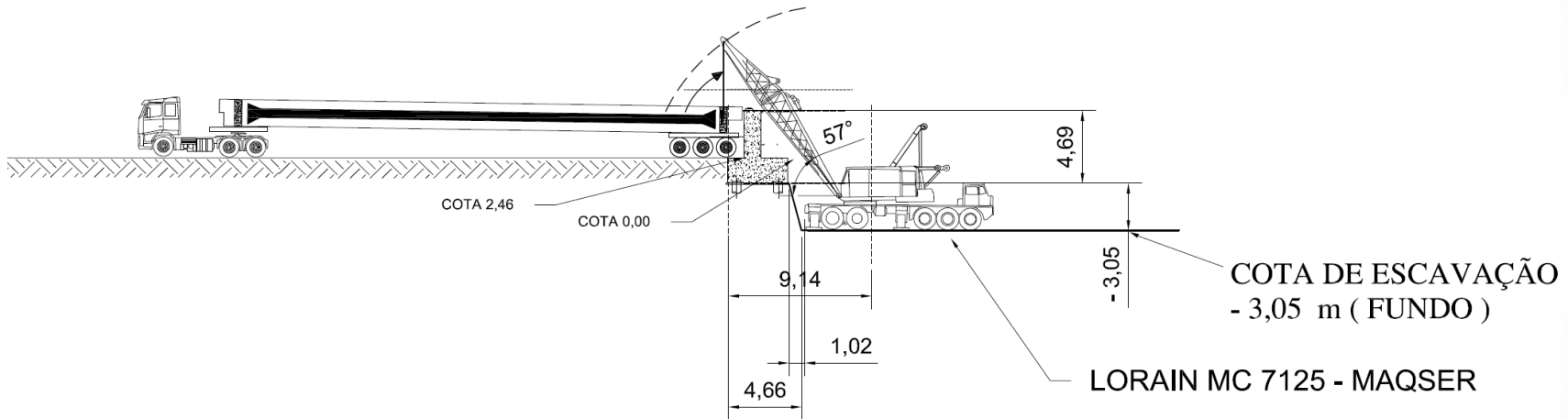
*Montagem: 3 meses!!! 4 fases; produção 1,5 ano – sincronizada c/ obra*



CASE COMPLEXO VIÁRIO PORTO DE ITAGUAÍ / RJ

# Montagem

*Montagem: 3 meses!!! 4 fases; produção 1,5 ano – sincronizada c/ obra*



*Guindastes: 125 a 350t*

# Montagem

---

- Ponte Rio Cação



# Montagem

---

- Ponte Rio Cação



# Montagem

---

- Ponte Rio Cação



# Montagem

---

- Ponte Rio Cação



# Montagem

---

- Ponte Rio Cação





# Montagem

- Ponte Ferroviária



# Montagem

- Ponte Ferroviária



# Montagem

---

- Ponte Ferroviária



# Montagem

- Viaduto da Pera



# Montagem

---

- Viaduto da Pera



# Montagem

- Viaduto da Pera



# MONTAGEM

---

- Viaduto da Pera



# MONTAGEM

---

- Viaduto da Pera





# MONTAGEM

- Viaduto da Rodoviário



# MONTAGEM

---

- Viaduto da Rodoviário



# MONTAGEM

---

- Viaduto da Rodoviário



# MONTAGEM

---

- Viaduto da Rodoviário



# MONTAGEM

---

- Viaduto da Rodoviário



# MONTAGEM

---

- Viaduto da Rodoviário



# MONTAGEM

---

- Viaduto da Rodoviário



# CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Desafio inicialmente foi cumprido, destacando-se:

- Término da obra em tempo recorde para vigas de grande dimensão!
- Projeto: sucesso a migração da protensão por pós-tração (inicialmente proposto na moldagem *in loco*) para a pré-tração (na fábrica) ou Misto.
- Cuidados específicos CAA
- Sistema ideal para Pontes e Viadutos Urbanos devido a falta de espaço nos canteiros.
- Brasil precisa padronizar para aumentar a produtividade e baixar o custo de suas obras.



# Complexo Viário Porto de Itaguai

---

**Apresentação: Gustavo Rovaris**

**[grovaris@cassol.ind.br](mailto:grovaris@cassol.ind.br)**

## **Agradecimentos:**

**Ricardo Alencar** - Gerente de Pré-moldados e Concreteiras  
VIAPOL | *The Euclid Chemical* - Autor

**Construtora Empresa Brasileira de Terraplanagem e Engenharia  
(EBTE) - Wilton Ribeiro** — *gerente de produção (suporte)*

**Ricardo Equipe Rio de Janeiro: Rubmar Coelho, Roberto Kamil,  
Fabio Silva e Sergio Rabelo.**

# Obrigado!



## INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

### Megavigas pré-fabricadas: projeto, tecnologia do CAA, produção e montagem em obra

GUSTAVO ROVARIS – Gerente de Fábrica, Unibanco RJ  
CASSOL, Pré-fabricados em Concreto

RICARDO ALENCAR – Gerente de Pré-fabricados e Concretagens  
WAPOL, The Eagle Cream

#### 1. INTRODUÇÃO

O cenário da construção civil brasileira mudou muito de cinco anos pra cá. Antes, quando se falava em sistema pré-fabricado o foco eram as obras industriais, comerciais e logísticas, onde o retorno mais rápido do investimento justificava o custo inicial um pouco maior. Hoje, o setor se depara com desafios maiores, tais como: a escassez de profissionais e os atrasos. Por isso, cada vez mais, está se lançando mão de medidas para aumentar a produtividade. Não é à toa que o pré-fabricado vem tendo sucessivas exceções de crescimento superiores a 12% ao ano (Métrica, 2010/ Abcic, 2012) e expandindo para obras de infraestrutura, onde tradicionalmente, até então, pouco se usava este sistema. Isso porque a melhor forma de resolver os “gargalos” do setor é industrializar.

Particularmente, a cidade do Rio de Janeiro está se transformando em diversificados “canteiros de obras” e o processo de modernização já chegou com atraso (O Empreiteiro, 2013). São obras variadas ligadas a: Copa, Olimpíadas, revitalização da cidade, negócios do petróleo e infraestrutura em geral.

#### 2. O DESAFIO

Falta espaço nos próprios canteiros e essa foi a razão

principal para a Construtora Empresa Brasileira de Terraplanagem e Engenharia (EBTE) ter optado por contratar uma empresa com Know-how em pré-fabricados para produzir a parte mais complexa da estrutura de um conjunto de obras de infraestrutura no Rio de Janeiro. O complexo viário foi composto por quase 200 vigas de até 36m para viadutos e pontes; algo pioneiro para uma produção em planta industrial no Brasil!

Alado à falta de espaço no canteiro, a qualidade e possibilidade de produzir parte da estrutura em paralelo à fundação, ganhando tempo, foram fundamentais na tomada de decisão da Construtora. Essa produção foi iniciada em dez/2011 e finalizada em maio/2013, visando à sincronização com o andamento da obra em canteiro.

O grande desafio de se produzir vigas de tal proporção, dentro de uma planta de pré-fabricados, foi:

- Compatibilização dos projetos do método convencional para o sistema industrializado;
- Produção e logística de movimentação interna (fábrica) e externa (transporte e montagem na obra) das peças de até 62t;
- Tecnologia de concreto para se minimizar patologia, diante de peças altamente complexas; motivo pelo qual foi eleito o concreto autoadensável (CAA).



CASE COMPLEXO VIÁRIO PORTO DE ITAGUAÍ / RJ