

III SSBPE

2023

III Seminário Sul Brasileiro de Pontes e Estruturas



IBERÊ MARTINS DA SILVA
Outec Engenharia

OUTEC
ENGENHARIA



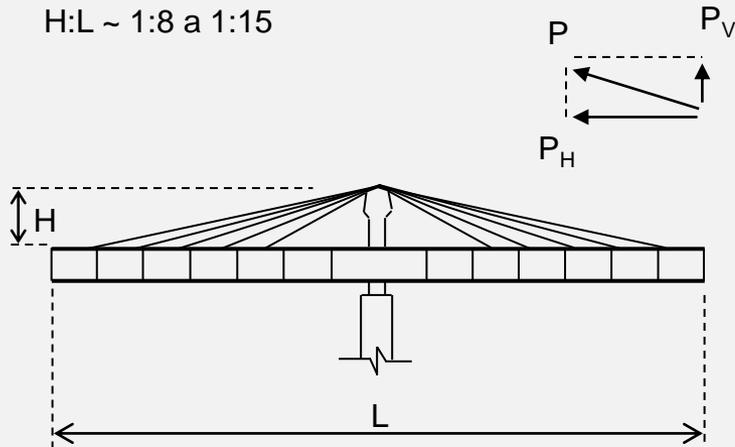
PONTES PROTENDIDAS NO EXTRADORSO



Extradosed Bridge - Jacques Mathivat - 1988

PONTE EXTRADORSO

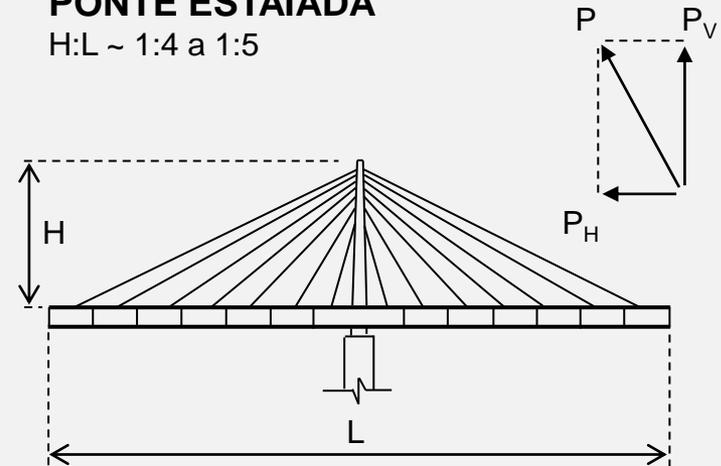
H:L ~ 1:8 a 1:15



X

PONTE ESTAIADA

H:L ~ 1:4 a 1:5



Vão usual entre 100m e 250m

“EXTRADOS PRESTRESSED CABLES” , Jacques Mathivat

The recent evolution of prestressed concrete bridges

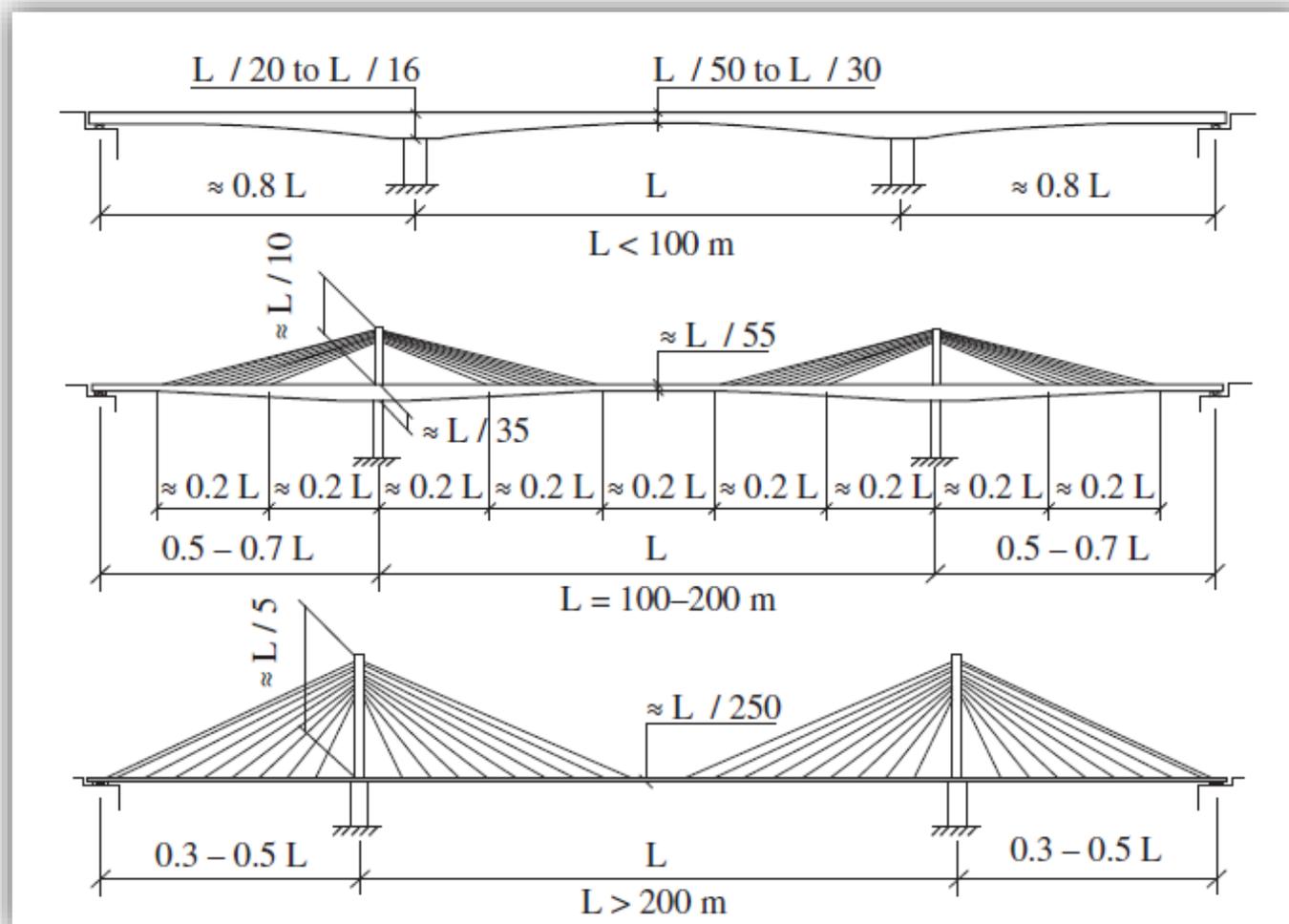
Symposium Paris-Versailles – 1987 – IABSE – Contributions of the French Group

“EXTRADOSED PRESTRESS” , Jacques Mathivat

Recent developments in prestressed concrete bridges

FIP Notes 1988/2

Girder Bridge x Extradosed Bridge x Cable-Stayed Bridge



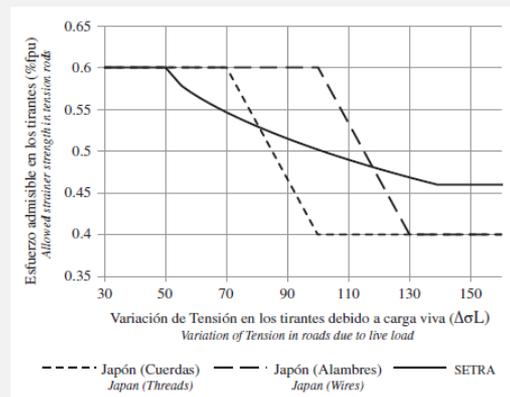
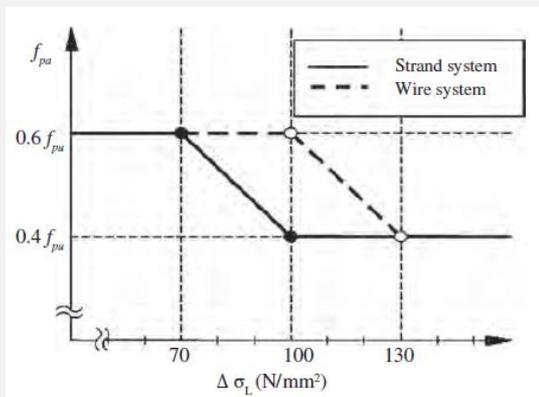
Menor flutuação de tensão nos cabos

Ancoragens mais simples e menos custosas

Possibilidade de utilização de selas metálicas nos pilones

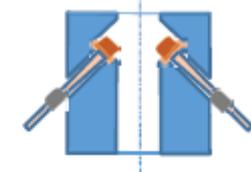
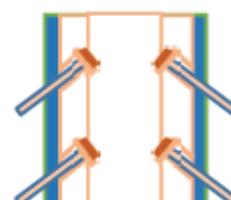
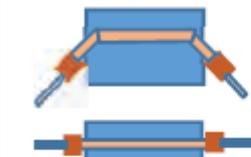
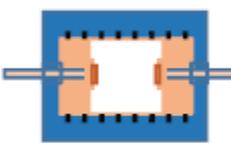
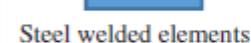
Cable type	Live load stress change $\Delta\sigma_L$ (MPa)	Approx max allowable stress
Stay cables	~ 100 ($60 < \Delta\sigma_L < 160$)	40–45% GUTS
Extradosed cables	~ 50 ($30 < \Delta\sigma_L < 100$)	Dependent on $\Delta\sigma_L$
PT tendons	~ 15 MPa	70–75% GUTS

Table 3.1 Live load and dynamic characteristics of cable types

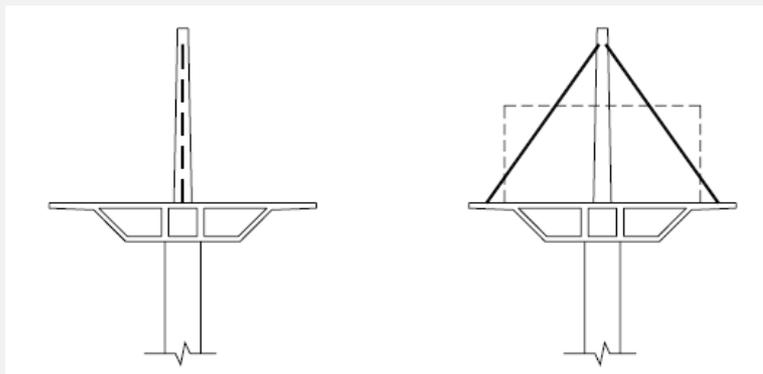


$$F_{SLS} \leq 0.46 \left(\frac{\Delta\sigma_{Live}}{140} \right)^{-0.25} F_{GUTS}$$

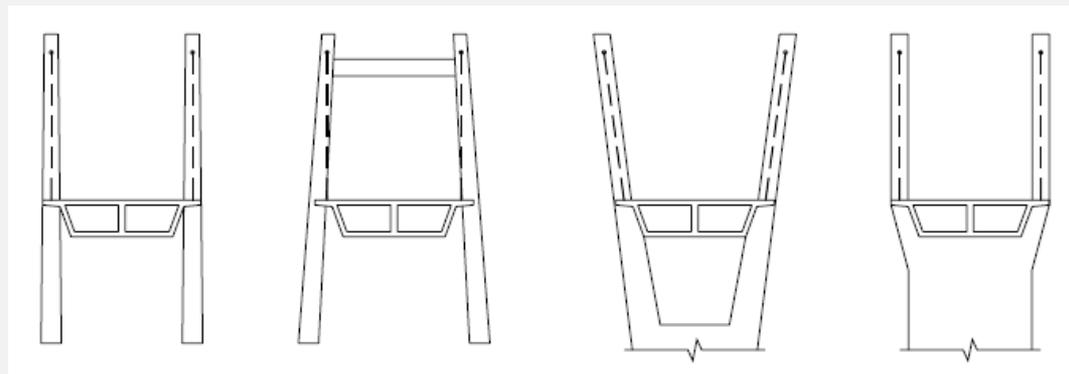
Tipos de ancoragens nos pilones

TYPE	A	B	C	D
cross section of pylon head	Concrete: 			
Elevation			<ul style="list-style-type: none"> • Laminated steel elements  • Cable element  • Anchorage  	
Plane view			 Steel welded elements  Steel curve element connected to concrete	
Comments	Cables anchored inside concrete pylon	Cables anchored inside composite element or in pylon head steel	Cable anchored to a cast-in steel element	Continuous cables running through saddle in concrete pylon

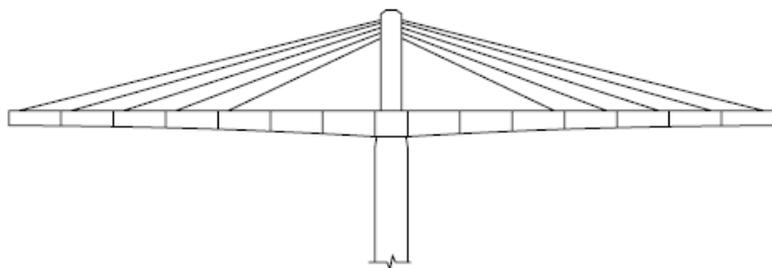
Disposição de pilones e de plano de cabos



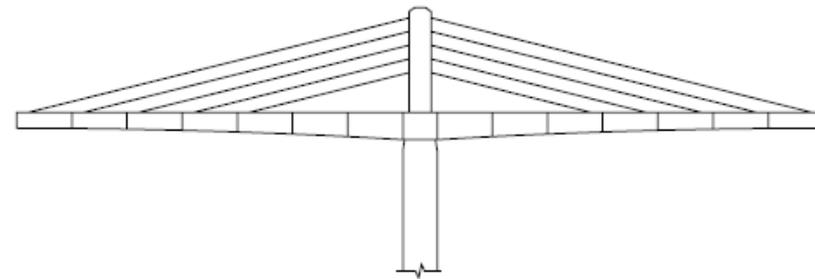
PILONE CENTRAL



PILONES LATERAIS

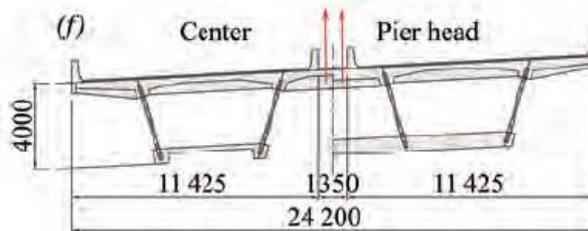
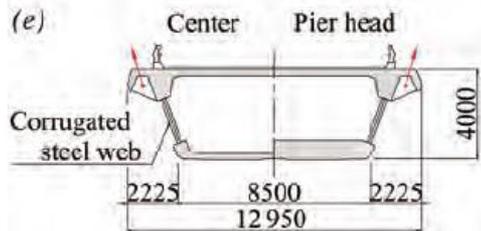
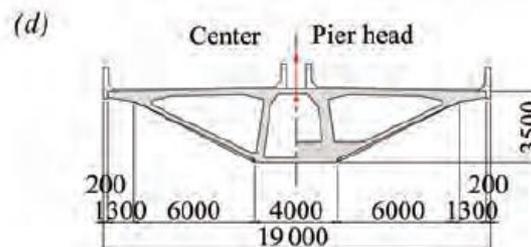
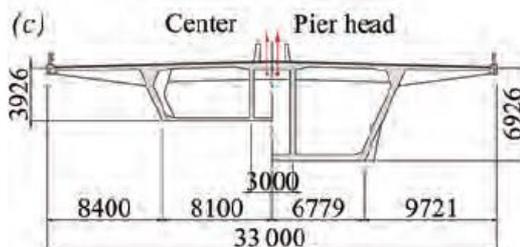
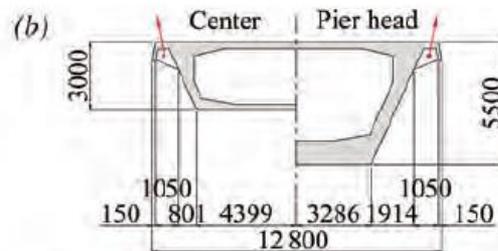
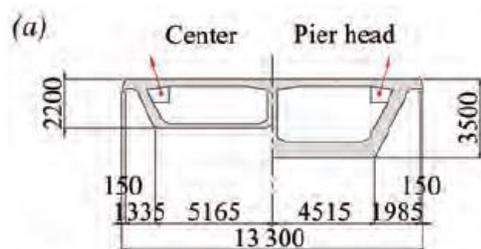


CABOS EM LEQUE



CABOS EM HARPA

TABULEIROS



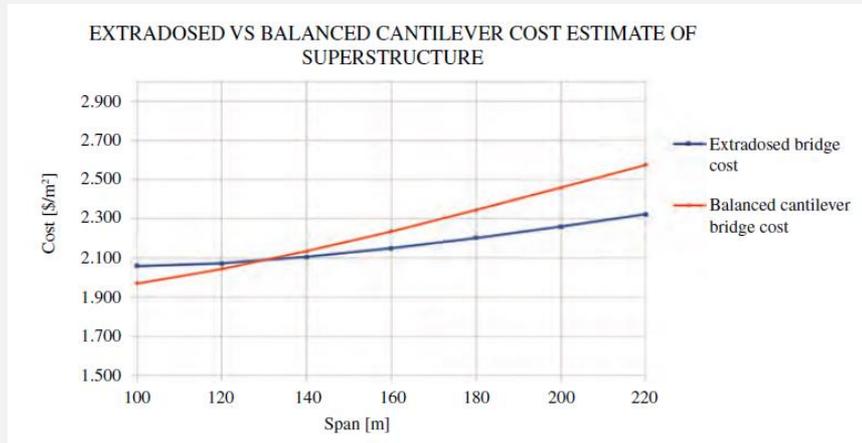
MATERIAIS:

- CONCRETO
- AÇO
- MISTO DE AÇO E CONCRETO

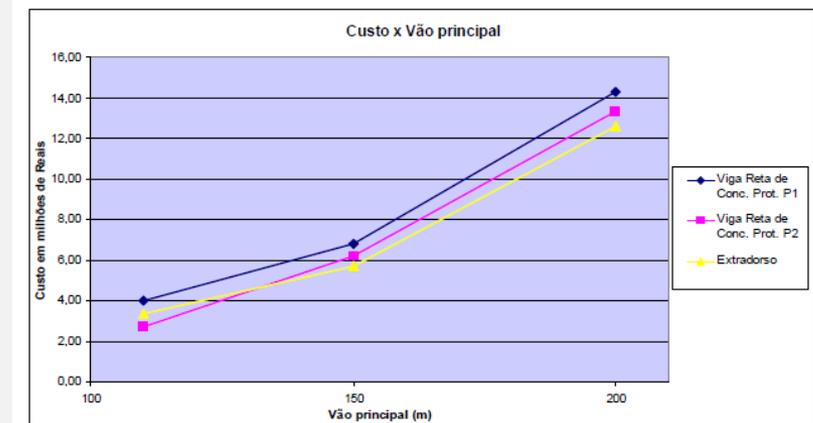
ALTURA

- CONSTANTE
- VAIRÁVEL

AVALIAÇÃO ECONÔMICA



AASHTO / FLÓRIDA / 2019



NBR 7187 / TPU DER SP / 2006

O custo de construção não está relacionado apenas às quantidades de material, mão de obra e preços unitários, mas a métodos de construção; parâmetros geotécnicos, ambientais e sísmicos; restrições do canteiro de obras; códigos de projeto; disposições de manutenção futura; entre outros fatores a serem considerados.

PRIMEIRA PONTE EXTRADORSO

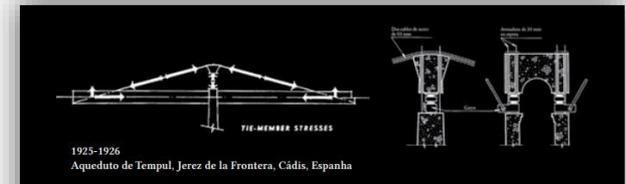


Odawara Blueway Bridge

Japão - 1995

$74m + 122m + 74m = 270m$

Aqueduto Tempul de 1926 de Eduardo Torroja, um dos primeiros exemplos de uma ponte estaiada moderna, com seus cabos abatidos e superestrutura rígida, também se qualifica como uma ponte extradorso.



PONTES EXTRADORSO NO MUNDO



PONTES EXTRADORSO NO MUNDO

BOLÍVIA
Puentes Trillizos
La Paz, 2010



PONTES EXTRADORSO NO MUNDO

CANADÁ
North Arm Bridge
Vancouver, 2009



PONTES EXTRADORSO NO MUNDO



ÍNDIA

New Narmada Bridge

Bharuch, 2017

PONTES EXTRADORSO NO MUNDO



POLÔNIA

Vistula River Bridge

Kwidzyn, 2013

PONTES EXTRADORSO NO MUNDO



ESTADOS UNIDOS

Pearl Harbor Memorial Bridge

New Haven, 2013

PONTES EXTRADORSO NO MUNDO



TANZÂNIA

Tanzanite Bridge

Dar es Salaam, 2022

PONTE DA INTEGRAÇÃO BRASIL PERU

Assis Brasil/AC , 2006

65 m + 110 m + 65 m

Largura 16,8 m



TERCEIRA PONTE DE RIO BRANCO

Rio Branco/AC , 2006

54 m + 90 m + 54 m

Largura 17,4 m (fase 1) / 21 m (fase 2)



PONTE IMIGRANTES NORDESTINOS

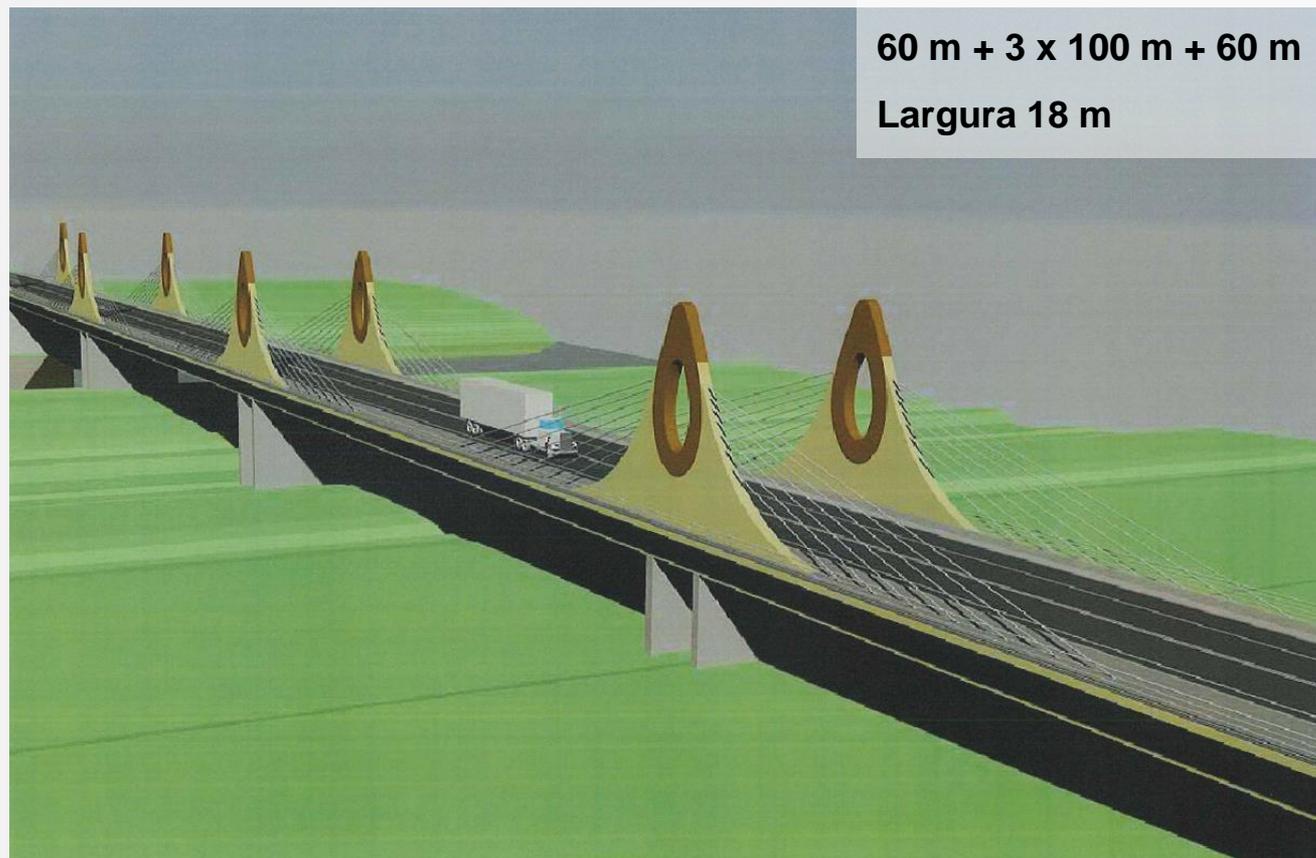
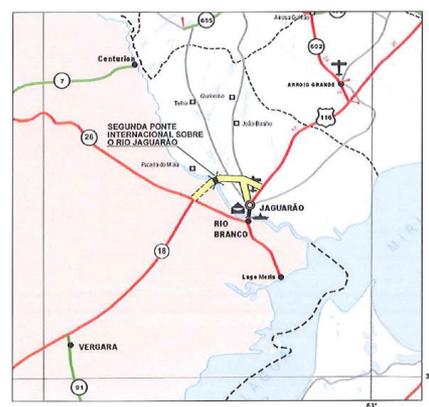
Lajeado/TO , 2011

65 m + 3 x 110 m + 65 m

Largura 16 m



PONTE RIO JAGUARÃO – BRASIL / URUGUAI



60 m + 3 x 100 m + 60 m

Largura 18 m

BIBLIOGRAFIA

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y CRITÉRIOS DE DISEÑO DE LOS PUENTES COM
PRETENSADO EXTRADOSADO

GUSTAVO CHIO CHO. UPC. BARCELONA, 2000.

SISTEMAS ESTRUTURAIS DE PONTES EXTRADORSO

MÁRCIO ISHII. EPUSP. SÃO PAULO, 2006.

COMPORTAMENTO ESTRUCTURAL DE PONTES COM PROTENSÃO NO EXTRADORSO

DANIEL MIRANDA DOS SANTOS. EPUSP. SÃO PAULO, 2006.

ANÁLISE DINÂMICA DE UMA PONTE COM PROTENSÃO NO EXTRADORSO

PALOMA TOLEDO FUGANTI. UTFPR. CURITIBA, 2012.

BIBLIOGRAFIA

IABSE Bulletins

Structural Engineering Documents

17

Extradosed Bridges

Mike Schlaich (Editor)

Andreas Apitz

Thierry Duclos

Akio Kasuga

José Romo Martín

Serge Montens

Chithambaram Sankaralingam

Juan Sobrino



International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE)



International Association for Bridge
and Structural Engineering

www.iabse.org



Associação Brasileira de Pontes e
Estruturas

www.abpe.org.br



PONTE DA INTEGRAÇÃO BRASIL PERU

Localização



Localização: *ENTRE ASSIS-BRASIL (BRA) E IÑAPARI (PER)*

Obstáculo: *RIO ACRE*

Utilização: *PONTE RODOVIÁRIA E PASSARELA*

Tipo Estrutural: *PONTE EXTRADOSED*

Material: *CONCRETO PROTENDIDO*

Comprimento Total: *240 m*

Largura do Tabuleiro: *16,80 m*

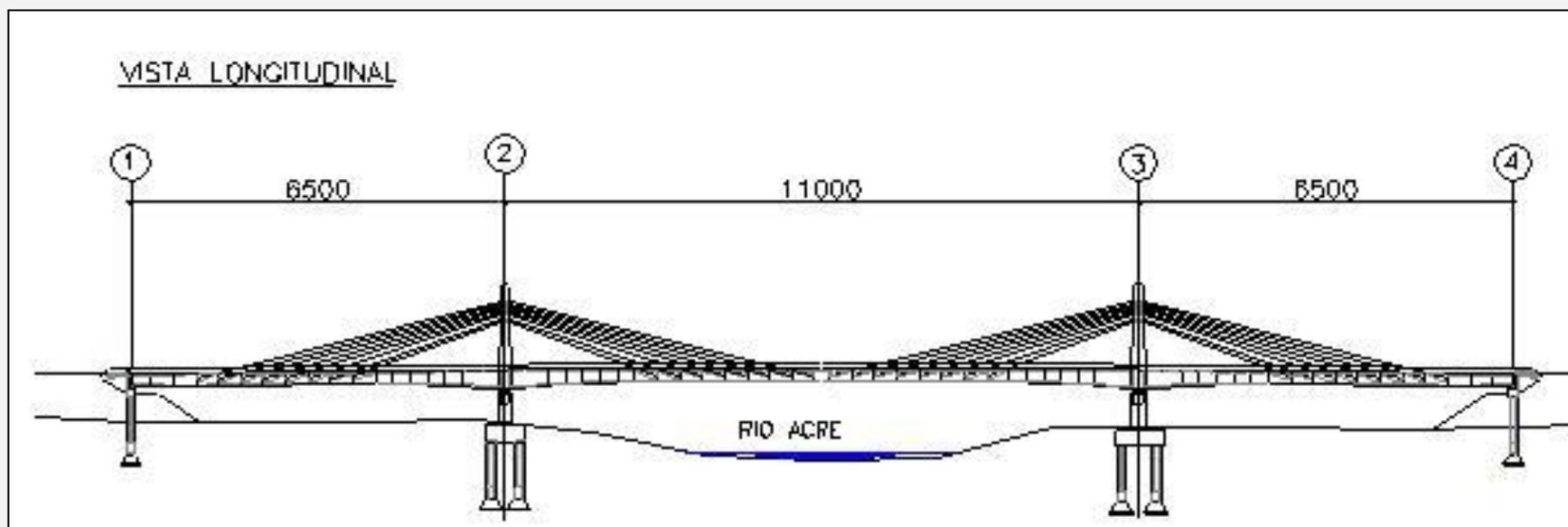
Vão Principal: *110 m*

Projeto: *OUTEC ENGENHARIA E PROF. DR. HIDEKI ISHITANI*

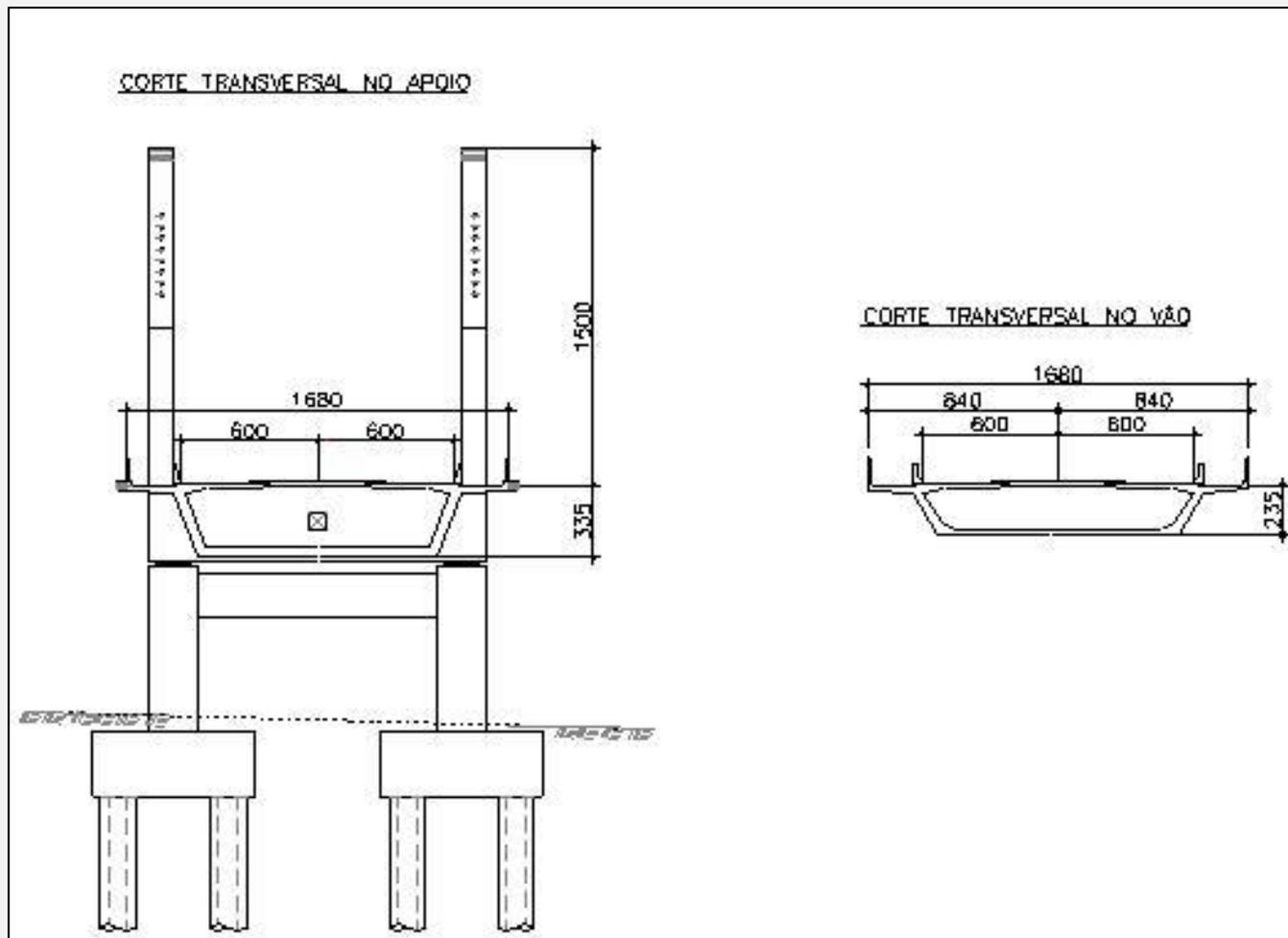
Construção: *CONSÓRCIO PONTES DO ACRE*

Período de Construção: *AGOSTO/2004 ~ DEZEMBRO/2005*

VISTA LONGITUDINAL



CORTES TRANSVERSAIS



FUNDAÇÃO EM TUBULÕES

Tubulões a ar comprimido com diâmetro de 1,6 m, e 18 m de profundidade.

OBS.: ATUALMENTE A NR-18 PROÍBE O USO DE TUBULÕES A AR COMPRIMIDO



BLOCOS DE FUNDAÇÃO



APOIOS CENTRAIS

Pilares com cerca de 6,0 m apoiados em blocos de 4 tubulões.



APOIOS CENTRAIS



ENCONTROS

Pilares apoiados em bloco de 2 tubulões com diâmetro de 1,4 m.

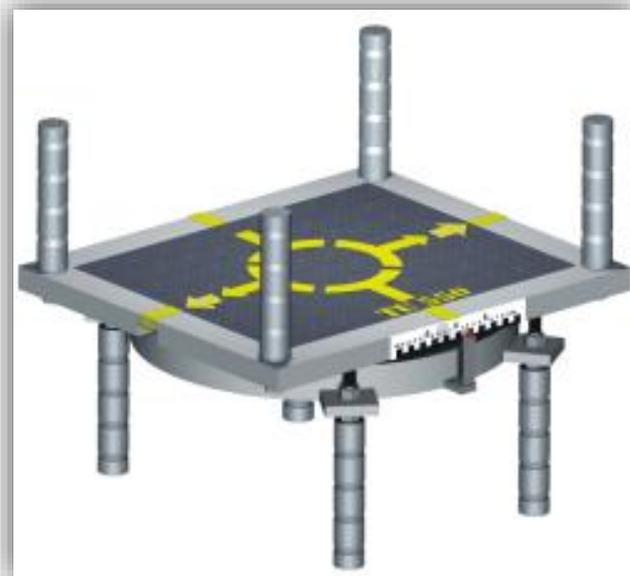
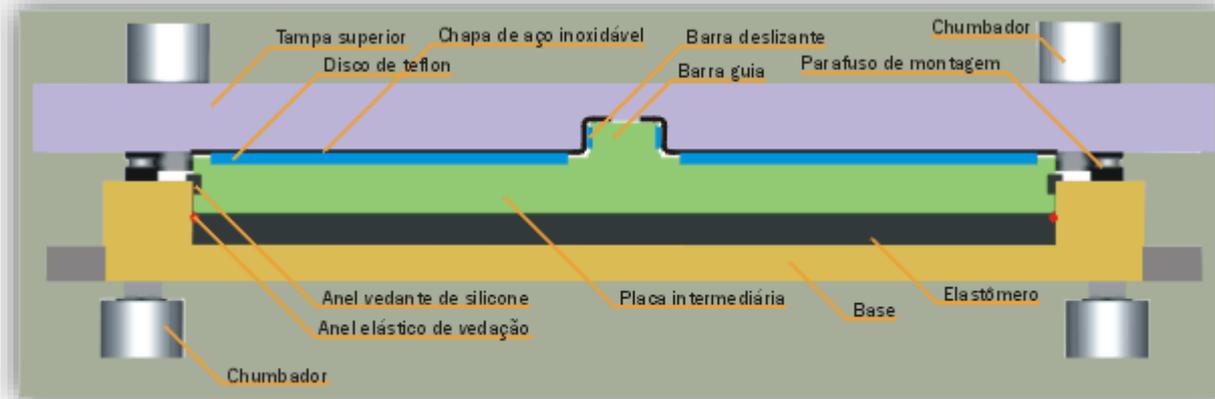


TRAVESSAS DE ENCONTRO



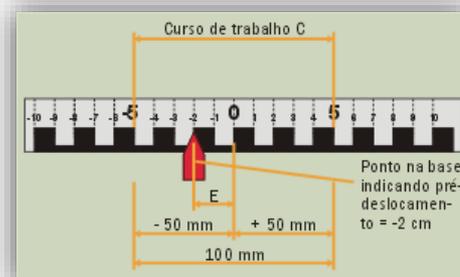
APARELHOS DE APOIO TIPO POTE





TRANSLAÇÃO E ROTAÇÃO ADMISSÍVEIS NOS APARELHOS

	TRANSLAÇÃO TOTAL		ROTAÇÃO AO REDOR DE QUALQUER EIXO
	Longitudinal	Transversal	
TF	0 (zero)	0 (zero)	$\pm 0,015 \text{ rad} = \pm 0,86^\circ$
TU	$\pm 50 \text{ mm}$	0 (zero)	$\pm 0,015 \text{ rad} = \pm 0,86^\circ$
TM	$\pm 50 \text{ mm}$	$\pm 20 \text{ mm}$	$\pm 0,015 \text{ rad} = \pm 0,86^\circ$



PROTENSÃO INTERNA



BAINHAS E ARMADURA FROUXA
DE UMA ADUELA

MEDIÇÃO ALONGAMENTO DO CABO
JUNTO AO MACACO DE PROTENSÃO



PROTENSÃO EXTRADORSO



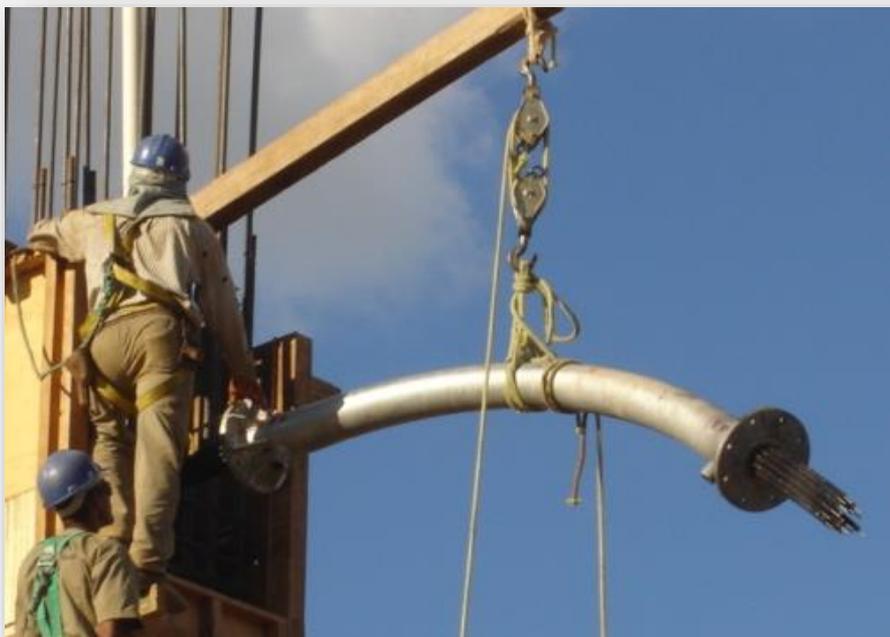
PROTENSÃO EXTRADORSO

Cabos de 17 cordoalhas ϕ 15,7 mm - aço CP173RB. Proteção contra a corrosão: galvanização dos fios a quente, filme de cera de petróleo e revestimento de PEAD. Tubo forma / Bainha de PEAD / Tubos antivandalismo de aço galvanizado até uma altura de 2,5 m do tabuleiro.



PROTENSÃO EXTRADORSO

SELA (DESVIADOR)



TUBO ANTIVANDALISMO

TABULEIRO

Viga unicelular de concreto protendido, com altura de 2,35m na região dos cabos externos e variável até 3,35 m nos apoios centrais.

Vigas transversinas espaçadas de 3,9 m. Apoio para carro dos balanços sucessivos. Travamento nos pontos de inserção dos cabos externos.

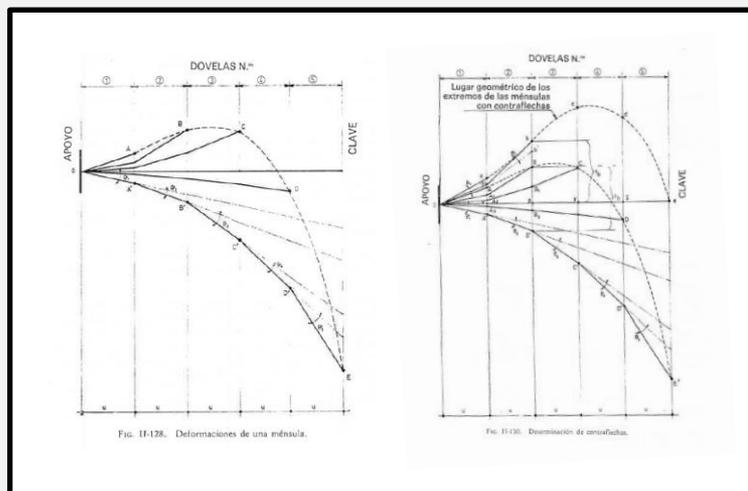


BALANÇOS SUCESSIVOS



CONTROLE DE FLECHAS

Modelagem computacional com faseamento da obra, subsídio para o controle de flechas na construção, proporcionando um greide com contraflecha para combater os efeitos de deformações diferidas e um fechamento sem discrepâncias significativas.



OYAMADA, R. N, **Controle de flecha e adaptação por fluência em pontes construídas pelo método dos balanços sucessivos**, São Paulo. Tese de Doutorado POLI-USP. 2004.

MATHIVAT, J. **Construcción de puentes de hormigon pretensado por voladizos sucesivos**. Editores Técnicos Asociados, S. A, 1980.

POLDONY, W. e MULLER, J. M. **Construction and design of prestresses concrete segmental bridges**, John Wiley & Sons, 1982.

ADUELA DE FECHAMENTO



DIVULGAÇÃO DO PROJETO



**LONG-TERM PRESTRESSING LOSSES,
FORCES AND DEFLECTIONS ANALYSIS: AN
ACTUAL APPLICATION**



REVISTA CONCRETO NÚMERO 48 - 2007



PONTE DA INTEGRAÇÃO BRASIL PERU



PONTE DA INTEGRAÇÃO BRASIL-PERU – DADOS RELEVANTES

- ◆ vão principal: 110 m
- ◆ comprimento total: 240 m
- ◆ relação altura da torre* – vão principal: 1/9
- ◆ relação altura da longarina no vão – vão principal: 1/47
- ◆ relação altura da longarina no apoio – vão principal: 1/33
- ◆ consumo de concreto C35 (superestrutura): 3.160 m³
- ◆ consumo de aço CA50 (superestrutura): 415.000 kg
- ◆ consumo de aço CP190RB: 79.000 kg
- ◆ consumo de aço CP173RB: 58.500 kg
- ◆ inauguração: 21/01/2006





CONTATO



ibere.silva@outec.com.br



<https://www.linkedin.com/in/iberems/>



Realização:

PUCRS ESCOLA POLITÉCNICA

UNIVATES

PÓS
ENG
PPGEC | UFRGS

ABPE
Associação Brasileira de Pontes e Estruturas

Apoio:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO ESTRUTURAL
ABECE

100 educação avançada

AB
IMS
Associação Brasileira de Pontes e Estruturas

IBRACON

Patrocínio Ouro:

aerom
MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

ORGUEL

GRUPO
Priner

CONSTRUTORA
CIDADE

Patrocínio Prata:

TQS
Software para Engenharia Estrutural

ARTELESTE
CONSTRUÇÕES

MULTIPLUS
www.multiplus.com