



XX COPINAVAL



CONGRESSO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL
TRANSPORTE MARITIMO E ENGENHARIA PORTUÁRIA
IV CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL



PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA PRIMÁRIA DE PLATAFORMAS SEMI- SUBMERSÍVEIS

Afonso André Cabrera
Fábio Okamoto
Daniel Ruivo Cueva

October/2007



Introdução

- Unidades amplamente utilizadas na indústria de óleo e gás
- Plataformas de perfuração, produção e unidades de suporte
- Excelentes características hidrodinâmicas e de estabilidade



Tipos

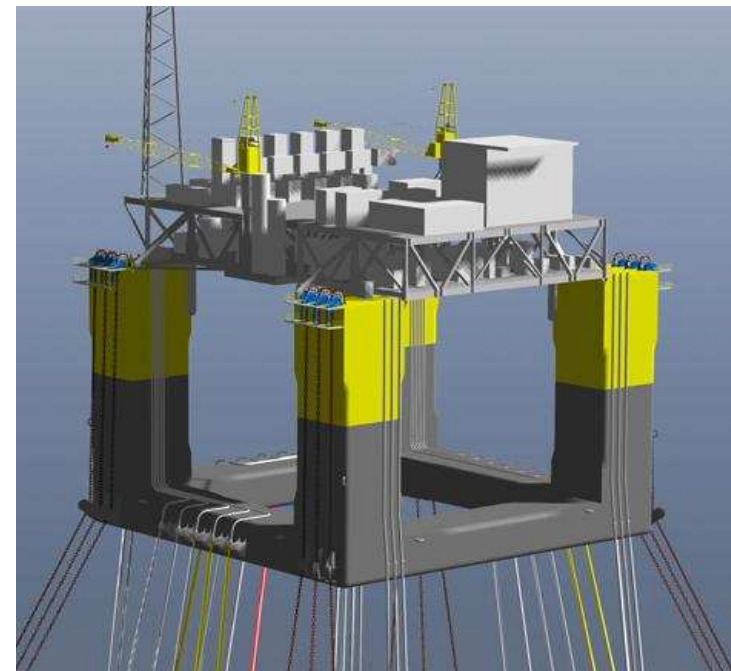
- Existem basicamente dois tipos de plataformas semi-submersíveis:

Com bracings



Copyright 2005 © ciaas.no

Framed



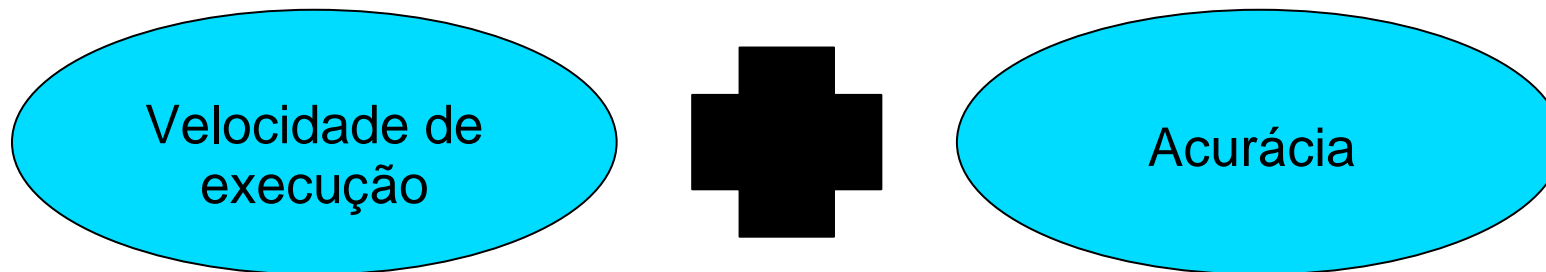
Atlantia Offshore Limited



Pré-dimensionamento

- Análise de semelhança
- Modelos estruturais analíticos
- Modelos de elementos finitos

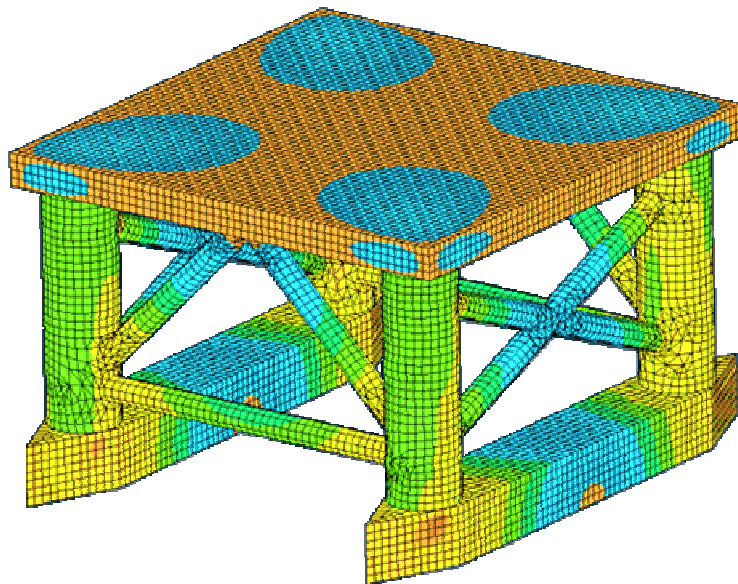
Objetivo:





Modelos de elementos finitos

- Vantagens
 - Grande acurácia



Femsys

- Desvantagens
 - Dificuldade para executar alterações na geometria
 - Atraso na espiral de projeto
 - Complexidade incompatível com o estágio de projeto



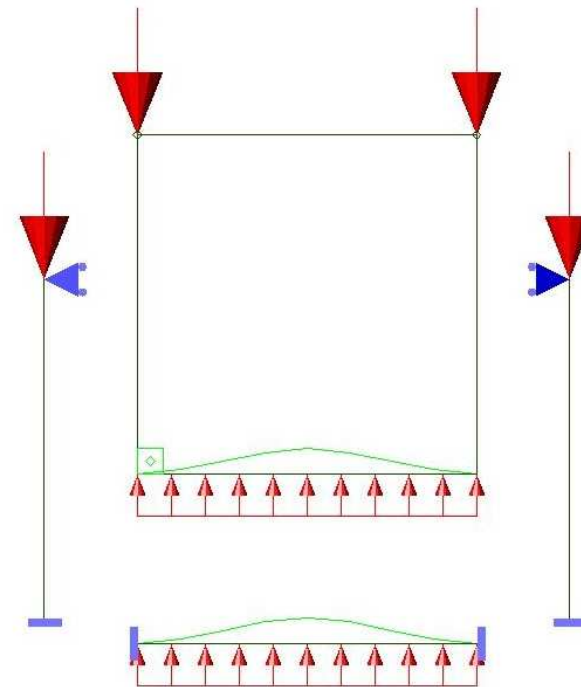
Modelos estruturais analíticos

- Vantagens
 - Alta velocidade na obtenção de resultados
 - Adequado ao estágio do projeto
 - Grande flexibilidade para alterações de geometria
- Desvantagens
 - Dificuldade na obtenção de um bom modelo



Modelos analíticos conservadores

- Pontoons bi-engastados
- Pontoons bi-apoiados
- Colunas bi-articuladas
- Colunas bi-engastadas
- Colunas articuladas e engastadas
- etc.

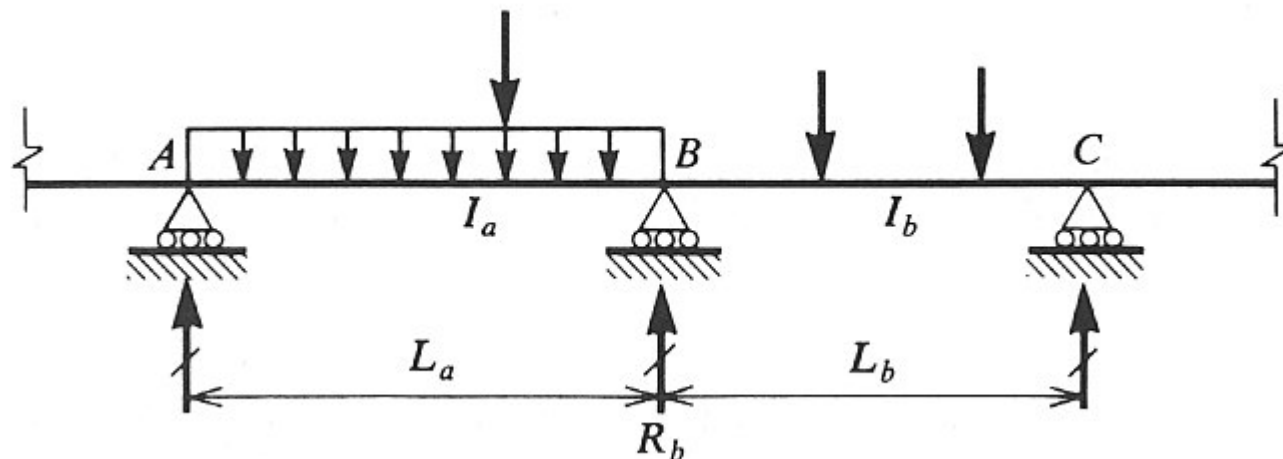


Excesso de simplificações necessitam de altos coeficientes de segurança, que podem levar a esforços solicitantes superestimados



Modelo proposto neste trabalho

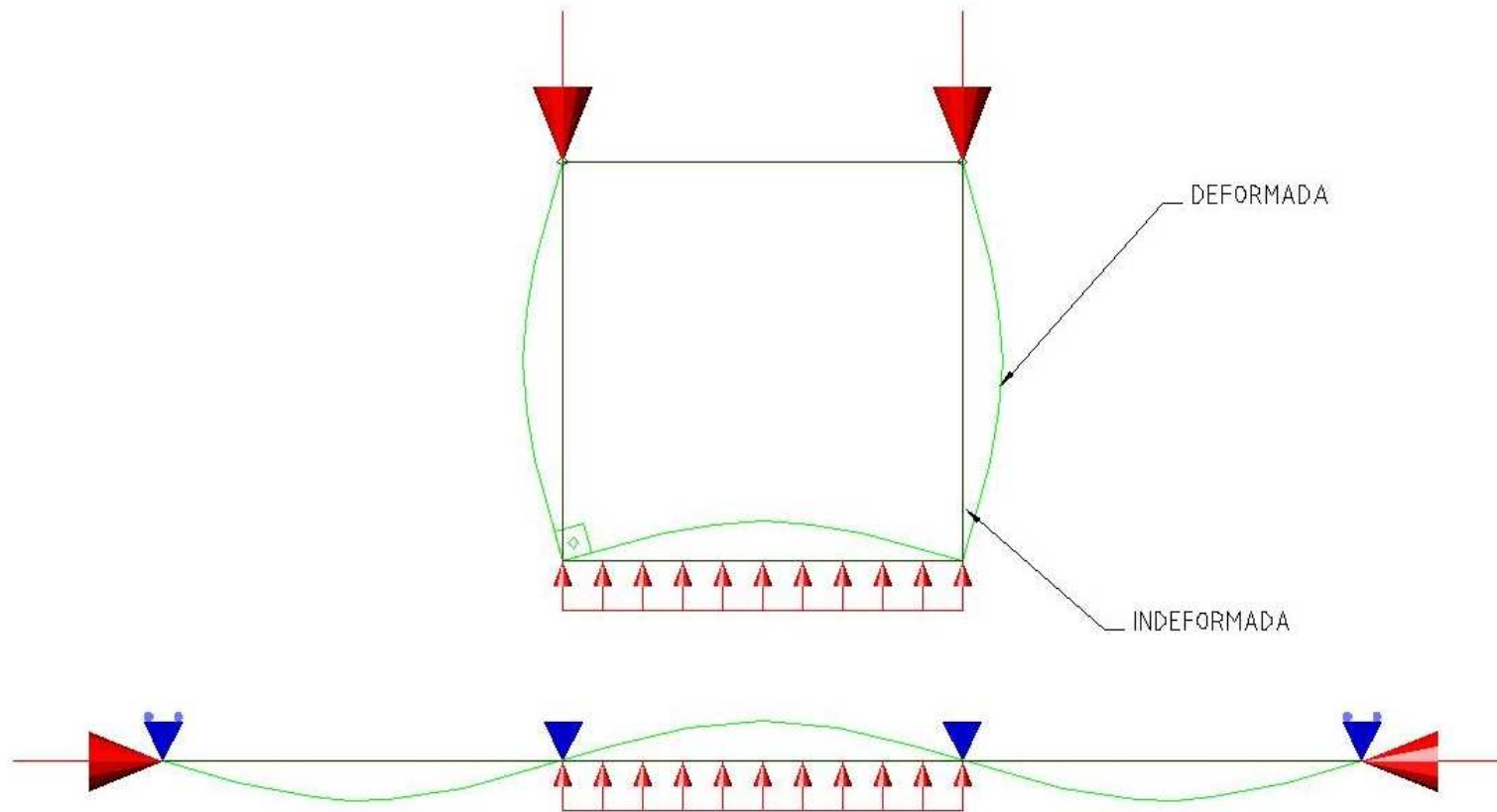
- Baseado na ***Equação dos três momentos***, que compatibiliza as rotações nos nós em estruturas hiperestáticas.



$$M_a \cdot \left(\frac{L_a}{I_a} \right) + 2 \cdot M_b \cdot \left(\frac{L_a}{I_a} + \frac{L_b}{I_b} \right) + M_c \cdot \left(\frac{L_b}{I_b} \right) = -6 \cdot \left(\frac{A_a \cdot x_a}{I_a \cdot L_a} + \frac{A_b \cdot x_b}{I_b \cdot L_b} \right)$$



Modelo de viga contínua da estrutura da semi-submersível





Hipóteses do modelo estrutural

- O convés foi considerado como sendo um contraventamento rígido em seu próprio plano
- Considera-se que a ligação do topo das colunas com o convés transmite apenas esforços de translação
- Águas calmas



Obtenção analítica dos esforços solicitantes

Pontoons:

$$M_{p1} = -\frac{Q \cdot l^3}{\frac{4 \cdot I_c}{\frac{2 \cdot h}{I_c} + \frac{3 \cdot l}{I_p}}} \quad M_{p2} = \frac{Q \cdot l^2}{8} + M_{p1}$$

Colunas:

$$N_c = D + P_c \quad M_c = M_{p1} \cdot \sqrt{2}$$



Características do modelo

Pontoons retangulares

a	9.00 m
b	12.00 m
t	0.04 m
l	45.00 m
I _y	24.00 m ⁴
I _z	37.04 m ⁴
A	1.67 m ²

Colunas circulares

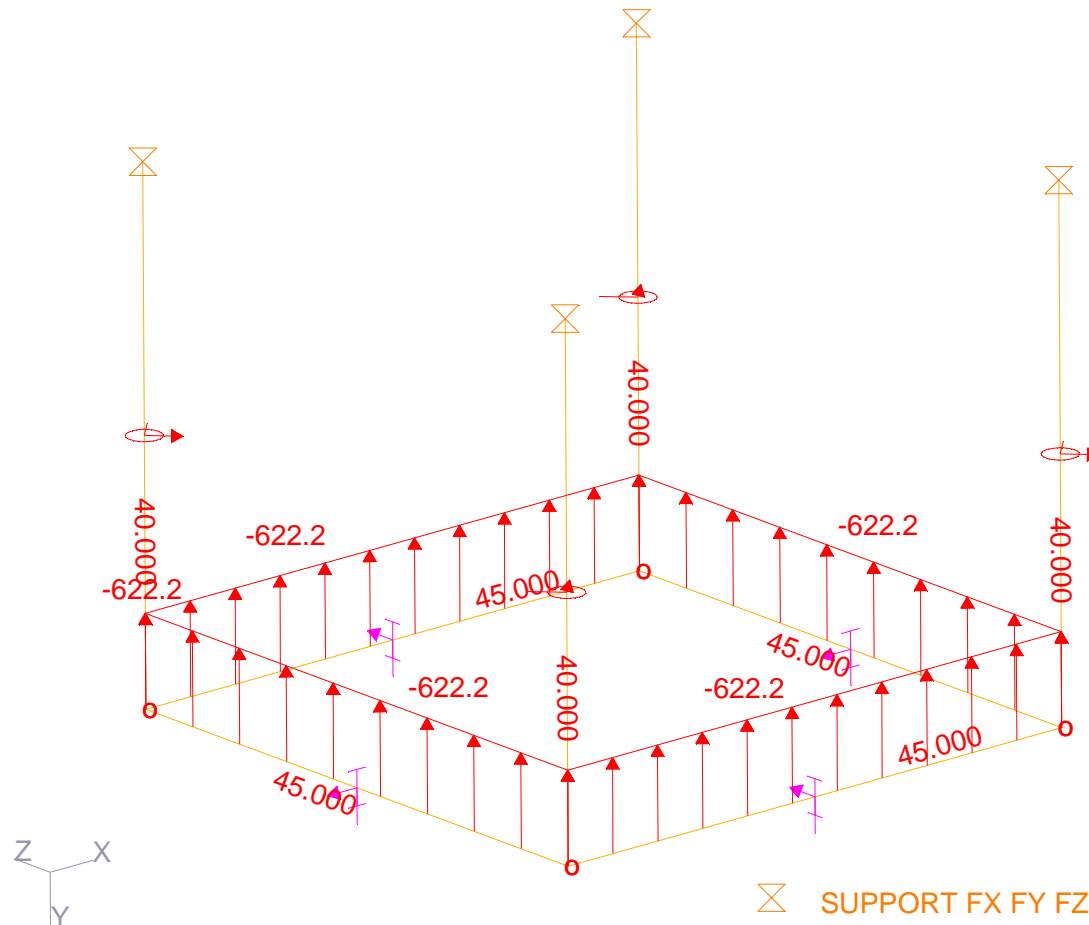
r	6.00 m
t	0.04 m
h	40.00 m
I _y	23.54 m ⁴
I _z	23.54 m ⁴
A	1.32 m ²

Carregamentos

P _p	80000.00 tf
q	444.44 tf/m
g _f	1.40
Q	622.22 tf/m



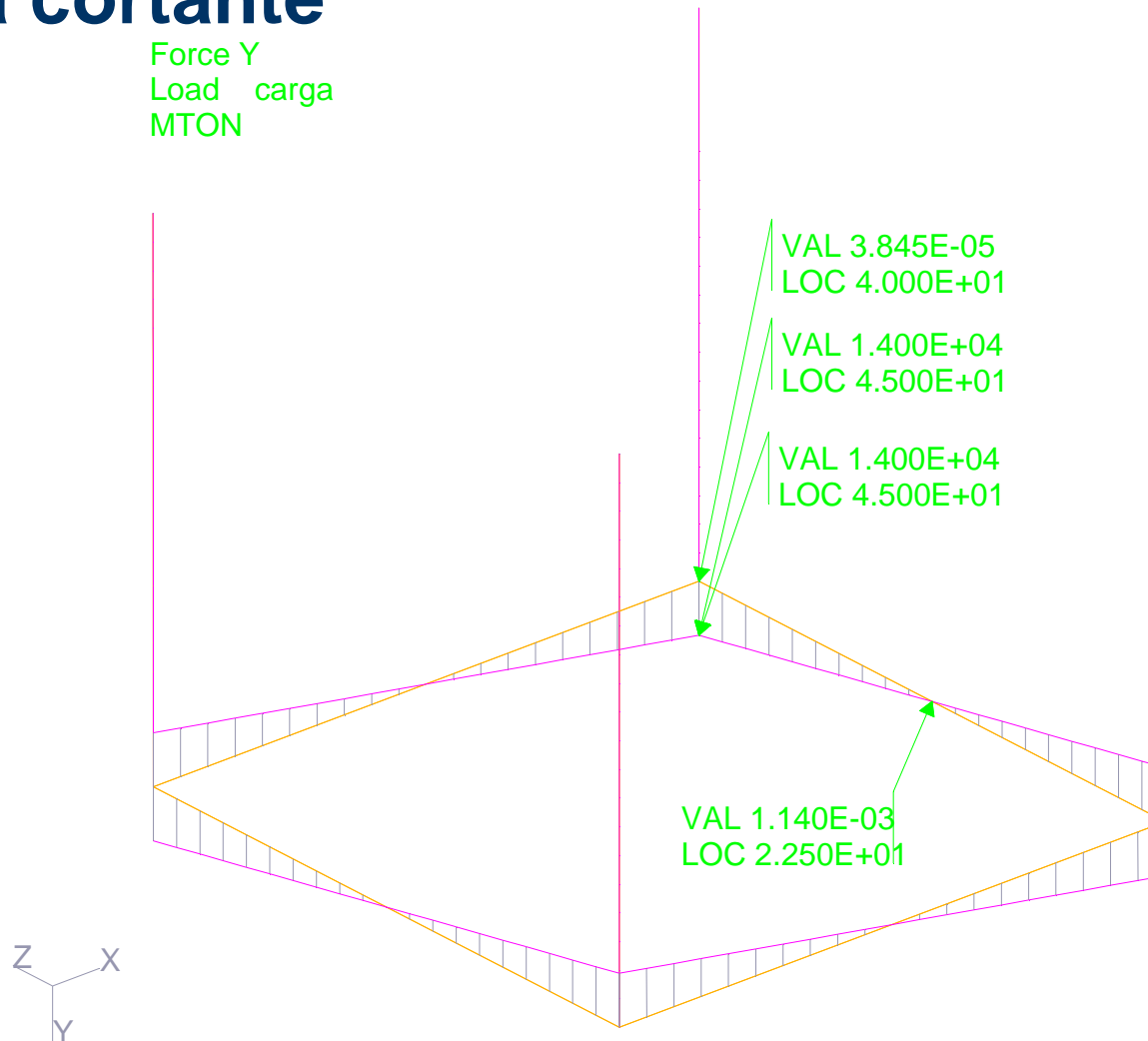
Modelo numérico construído no GTSTRUDL®





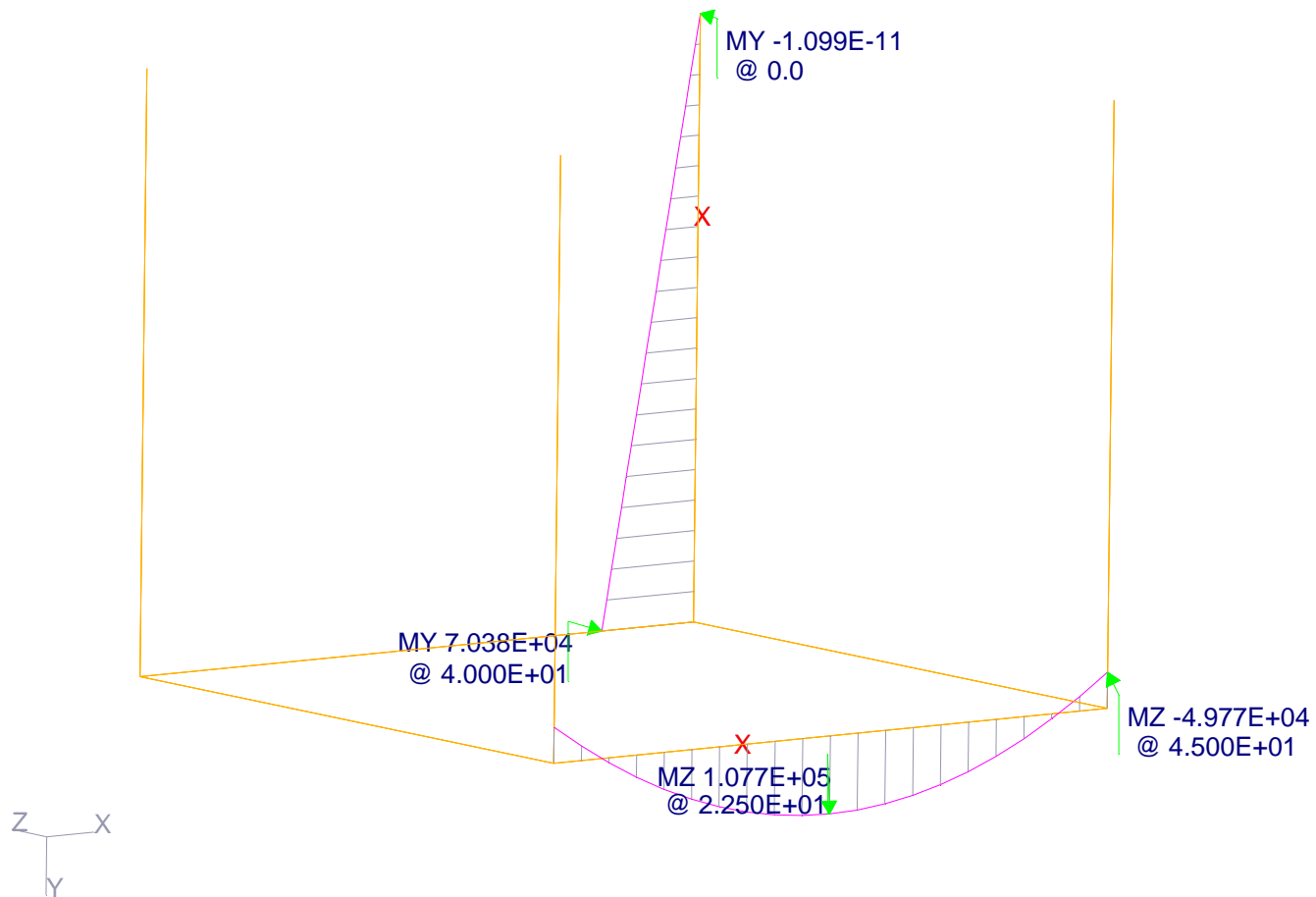
Resultados do modelo numérico - Força cortante

Force Y
Load carga
MTON





Resultados do modelo numérico – Momento fletor





Resumo dos resultados

	Analítico simplificado	Analítico 3 momentos	Numérico	
M_{p1}	-1.05E+5	-4.69E+4	-4.97E+4	tf.m
M_{p2}	5.25E+4	1.11E+5	1.07E+5	tf.m
M_c	1.48E+5	6.61E+4	7.04E+4	tf.m



Conclusões - 1/4

- O modelo baseado na equação dos três momentos apresentou bom desempenho quando comparado ao modelo numérico (no caso, diferenças menores que 10%)

Diferenças percentuais em relação aos resultados do modelo numérico

	Analítico simplificado	Analítico 3 momentos
M_{p1}	111.27%	-5.71%
M_{p2}	-50.93%	3.40%
M_c	110.30%	-6.14%



Conclusões - 2/4

- Os modelos simplificados, caso sejam mal utilizados, podem levar a resultados muito imprecisos, estes que podem atrasar o projeto em fases posteriores de análise estrutural, já que nesta fase podem ser necessárias muitas realimentações da espiral de projeto



Conclusões - 3/4

- O modelo proposto apresenta grande facilidade na obtenção de resultados de esforços solicitantes, sendo adequada sua utilização em ante-projetos e projetos básicos de unidades semi-submersíveis



Conclusões - 4/4

- A utilização da equação dos três momentos pode se estender a unidades com mais de 4 colunas, framed, com bracings, e várias outras configurações desde que sejam observadas e aplicadas as corretas condições de contorno do modelo
- As unidades do tipo TLP, devido a grande semelhança geométrica com as semi-submersíveis também podem ser modeladas desta forma